



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DISTRIBUIÇÃO DE ORGANISMOS DA FAUNA EPIGEICA, CICLAGEM DE  
NUTRIENTES E CARBONO DO SOLO EM AGROECOSSISTEMA DE  
MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO**

**MARIA DO SOCORRO CONCEIÇÃO DE FREITAS**

**Areia, PB  
2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGRONOMIA**



**DISTRIBUIÇÃO DE ORGANISMOS DA FAUNA EPIGEICA, CICLAGEM DE  
NUTRIENTES E CARBONO DO SOLO EM AGROECOSSISTEMA DE  
MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO**

**MARIA DO SOCORRO CONCEIÇÃO DE FREITAS**

Sob Orientação do Professor  
**Jacob Silva Souto**

e Co-orientação da Pesquisadora  
**Vanderlise Giongo**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, UFPB, como requisito para obtenção do título de Doutora em Agronomia.

**Areia, PB  
2018**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catálogo e Classificação**

F866d Freitas, Maria do Socorro Conceicao de.

Distribuição de organismos da fauna epigeica, ciclagem de nutrientes e carbono do solo em agroecossistema de mangueira no Semiárido / Maria do Socorro Conceicao de Freitas. - Areia: UFPB, CCA, 2018.

115 f. : il.

Orientação: Jacob Silva Souto.

Coorientação: Vanderlise Giongo.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Coquetel vegetal. 2. Preparo do solo. 3. Taxa de decomposição. 4. Biota do solo. I. Souto, Jacob Silva. II. Giongo, Vanderlise. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

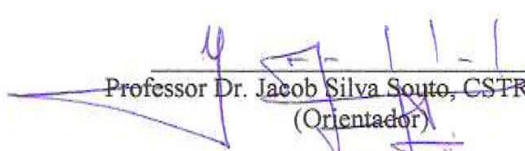
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Distribuição de organismos da fauna epigeica, ciclagem de nutrientes e carbono do solo  
em agroecossistema de mangueira no Semiárido

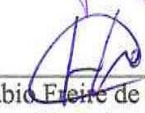
AUTORA: MARIA DO SOCORRO CONCEIÇÃO DE FREITAS

Aprovada em 27 de fevereiro de 2018

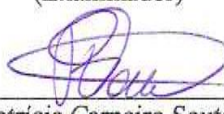
BANCA EXAMINADORA



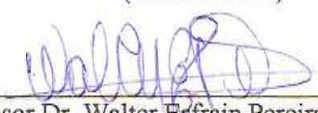
Professor Dr. Jacob Silva Souto, CSTR, UFCG  
(Orientador)



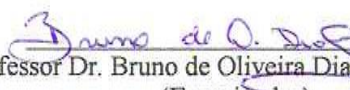
Professor Dr. Fábio Freire de Oliveira, IF Sertão, PE  
(Examinador)



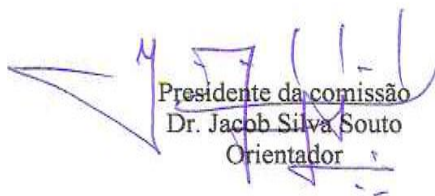
Professora Dr.ª Patrícia Carneiro Souto, CSTR, UFCG  
(Examinadora)



Professor Dr. Walter Esfrain Pereira, CCA, UFPB  
(Examinador)



Professor Dr. Bruno de Oliveira Dias, CCA, UFPB  
(Examinador)



Presidente da comissão  
Dr. Jacob Silva Souto  
Orientador

A meus pais, José Pedro e Francina, e a meus irmãos, Bebeto, Nininha, Maria do Carmo, Renatinho, Pedrinho, Paulinho e Ciadorinha, alicerces das minhas conquistas, que me estimularam e me deram suporte para que pudesse prosseguir nos caminhos do conhecimento.

A meu esposo, Dado: seu amor e sua dedicação deram-me forças e entusiasmo para seguir com determinação, principalmente nos momentos de incerteza, que são inerentes à construção infinita do conhecimento.

A minha querida filha, Maria Carolina, luz da minha vida, que me proporciona as maiores alegrias.

Com carinho, dedico.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, luz plena, que me abençoa e dá força necessária na caminhada em busca da realização de sonhos.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, *campus* Ouricuri-PE, pelo incentivo à qualificação, pela liberação integral das atividades acadêmicas e pela concessão da bolsa para realização da capacitação e aprimoramento dos meus conhecimentos

À Universidade Federal da Paraíba-UFPB, por intermédio do Programa de Pós-graduação em Agronomia, na figura dos professores, coordenadores e funcionários, por oportunizar o aperfeiçoamento da minha formação, pelos ensinamentos, conhecimentos transmitidos e apoio técnico-científico.

Ao Curso de Pós-graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba-UFPB: professores, coordenadores e funcionários, pelos ensinamentos e apoio técnico aos pós-graduandos.

À Embrapa Semiárido, pela concessão da infraestrutura fundamental para a realização desta pesquisa.

Ao IF Sertão-PE, *campus* Petrolina Zona Rural, pelo apoio concedido nos espaços dos laboratórios de Produção Vegetal e de Análises de Solos para realização de algumas análises.

Ao professor Jacob, pelo profissionalismo dedicado a seus orientados, e, sobretudo, pela liberdade e confiança a mim depositadas na definição da pesquisa, condução e realização do trabalho de tese. Meu profundo respeito e sincera admiração.

À Dr<sup>a</sup> Vanderlise, pela serenidade na orientação, pela sua paciência, amizade e disponibilidade em ajudar sempre, minha eterna gratidão pelo carinho e atenção.

À Dr<sup>a</sup> Diana Signor, pelo profissionalismo, pela presteza em colaborar na realização do trabalho e, também, pelas constantes doses de incentivos e entusiasmos em mim injetadas.

À Dr<sup>a</sup> Alessandra Salviano, pelos ensinamentos transmitidos e colaboração nas análises estatísticas.

À professora Andréa Nunes, por facilitar a realização das análises da fauna epigeica, pela contínua disponibilidade em ajudar e pela convivência harmoniosa.

Aos componentes da banca examinadora, Dr<sup>a</sup>. Patrícia Carneiro Souto, Dr. Walter Esfrain Pereira, Dr. Fábio Freire Oliveira e Dr. Bruno de Oliveira Dias, pelas correções sugeridas e contribuições para o trabalho e redação final.

A Graciene Silva, laboratorista do Laboratório de Análises de Solos e Plantas do IF Sertão-PE, *campus* Petrolina Zona Rural, pela amizade, pelos ensinamentos compartilhados e pela colaboração nas análises dessa pesquisa.

A Reinivaldo, Viviane, Jaqueline, Hélio, Cláudio, Seu Alcides, funcionários dos laboratórios da Embrapa Semiárido pelo apoio e ensinamentos concedidos para realização das análises químicas dessa pesquisa.

Aos funcionários de campo, Francisco Costa, Genival, Luiz Henrique, Seu Severino e Seu Manoel e às estagiárias da Embrapa, Larissa, Tamires, Mariana, Vanessa, Isabel, pela inesquecível e harmoniosa convivência, colaboração, pelos momentos de exaustão e descontração compartilhados, todo o meu afeto e eterna gratidão.

À família, meus pais e irmãos, que sempre me deram credibilidade e me incentivaram em busca de crescimento pessoal e profissional.

À família formada pelos membros da Casa da Areia Branca pela união, companheirismo e apoio durante toda a minha vida acadêmica.

A meu esposo, Dado, “meu amor”, que soube entender e compreender a minha ausência, superar a saudade de esposa e filha quando distantes, e por me ajudar imensamente sempre que solicitado.

Às amigas, Valéria e Joyce, verdadeiros exemplos de amizade, pela parceria, companheirismo, dificuldades e alegrias cotidianas compartilhadas há mais de uma década: minha afeição e amizade.

Aos amigos, Nemora Cavalcante, Lúcia Lima, Renato Dantas, Ana Lima e Lieska Teixeira por terem compartilhado comigo os choros e momentos mágicos de Maria Carolina (minha filha) e terem me auxiliado durante a realização das disciplinas.

Aos amigos de pós-graduação, em especial, Magnólia e Renato Souza, pelo bom convívio e momentos descontraídos vividos quando juntos estudamos, sinceros respeito e carinho.

A todos que, de modo direto ou indireto, contribuíram para a concretização deste trabalho, igualmente agradeço.

“O vento é sempre o mesmo, mas sua resposta é diferente em cada folha.”

Cecília Meireles



## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xvi
RESUMO GERAL.....	xviii
GENERAL ABSTRACT.....	xix
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Mudanças climáticas.....	4
2.2 Semiárido brasileiro e uso do solo.....	5
2.3 Matéria orgânica do solo e estoque de C no solo.....	7
2.4 Decomposição e ciclagem de nutrientes.....	9
2.5 Fauna do solo: macro e mesofauna.....	14
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
CAPÍTULO I DIVERSIDADE DA FAUNA EPIGEICA EM AGROECOSSISTEMA DE MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO.....	26
RESUMO.....	27
ABSTRACT.....	28
1 INTRODUÇÃO.....	29
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
2.1 Local do estudo.....	31
2.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos.....	31
2.3 Avaliações.....	33
2.4 Análise estatística.....	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
3.1 Frequência relativa da fauna epigeica.....	36
3.2 Índices ecológicos da fauna epigeica.....	39
4 CONCLUSÕES.....	46

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
CAPÍTULO II DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE DIFERENTES MISTURAS DE PLANTAS EM CULTIVO DE MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	50
RESUMO.....	51
ABSTRACT.....	52
1 INTRODUÇÃO.....	53
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	56
2.1 Local do estudo.....	56
2.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos.....	56
2.3 Avaliações.....	58
2.4 Decomposição e liberação de nutrientes.....	59
2.5 Análise estatística.....	62
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
3.1 Matéria seca e acúmulo de nutrientes.....	63
3.2 Decomposição e liberação de nutrientes.....	65
4 CONCLUSÕES.....	78
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
CAPÍTULO III ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO EM AGROECOSSISTEMA DE MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO.....	83
RESUMO.....	84
ABSTRACT.....	85
1 INTRODUÇÃO.....	86
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	89
2.1 Local do estudo.....	89
2.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos.....	89
2.3 Amostragem e análise do solo.....	92
2.4 Análise estatística.....	94

3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	96
3.1	Estoque de Carbono e de Nitrogênio.....	96
3.2	Estoque de carbono particulado (Cp) e associado aos minerais (Cam).....	103
3.3	Índice de manejo do carbono.....	109
4	CONCLUSÕES.....	111
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112

## LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I	DIVERSIDADE DA FAUNA EPIGEICA EM AGROECOSSISTEMA DE MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO.....	26
Figura 1	Temperatura média do ar (mínima, média e máxima) e precipitação pluviométrica acumulada mensais durante o período de crescimento e após o manejo das plantas de cobertura (fevereiro de 2015 a abril de 2016). Dados da Estação Agrometeorológica da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.....	35
Figura 2	Abundância de indivíduos da fauna epigeica, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo do solo (SR – sem revolvimento CR - com revolvimento). * e <sup>ns</sup> significativo e não significativo, respectivamente, pelo Teste F ( $p < 0,05$ ). Barras verticais sobre as médias representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.....	39
Figura 3	Umidade gravimétrica na camada de 0-5, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo (SR-sem revolvimento, CR-com revolvimento) e após o manejo de três misturas de plantas (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea). Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.....	40
Figura 4	Riqueza de grupo da fauna epigeica, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo do solo (SR – sem revolvimento CR - com revolvimento). * e <sup>ns</sup> significativo e não significativo, respectivamente, pelo Teste F ( $p < 0,05$ ). Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.....	41
Figura 5	Riqueza de grupo da fauna epigeica, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea). Médias das misturas de plantas acompanhadas com letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.....	42
Figura 6	Índice de diversidade de Shannon (H) da fauna epigeica, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo do solo (SR – sem revolvimento CR - com revolvimento). * e <sup>ns</sup> significativo e não significativo, respectivamente, pelo Teste F ( $p < 0,05$ ). Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.....	43
Figura 7	Índice de diversidade de Shannon (H) da fauna epigeica, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea). Médias das misturas de plantas acompanhadas com letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.....	44
Figura 8	Índice de equabilidade de Pielou (e) da fauna epigeica, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo do solo (SR – sem revolvimento CR - com revolvimento). * e <sup>ns</sup> significativo e não significativo, respectivamente, pelo Teste F ( $p < 0,05$ ). Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.....	45

CAPÍTULO II DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE DIFERENTES MISTURAS DE PLANTAS EM CULTIVO DE MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	50
Figura 1 Temperatura média do ar (mínima, média e máxima) e precipitação pluviométrica acumulada mensais durante o período de crescimento e após o manejo das plantas de cobertura (fevereiro de 2015 a abril de 2016). Dados da Estação Agrometeorológica da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.....	61
Figura 2 Fitomassa remanescente da parte aérea após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha de mangueira (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR-sem revolvimento, CR-com revolvimento). $t_{1/2}$ = tempo de meia vida, $t_{1/2a}$ = tempo de meia vida do compartimento lábil; $t_{1/2b}$ = tempo de meia vida do compartimento recalcitrante. Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.....	66
Figura 3 Umidade gravimétrica na camada de 0-5, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo (SR-sem revolvimento, CR-com revolvimento) e após o manejo de três misturas de plantas (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea). Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.....	68
Figura 4 Médias do nitrogênio remanescente da fitomassa da parte aérea após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha de mangueiras (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) em dois sistemas de preparo do solo (SR – sem revolvimento, CR–com revolvimento). $t_{1/2}$ = tempo de meia vida, $t_{1/2a}$ = tempo de meia vida do compartimento mais facilmente decomponível; $t_{1/2b}$ = tempo de meia vida do compartimento recalcitrante. Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.....	70
Figura 5 Médias do cálcio remanescente da fitomassa da parte aérea após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha de mangueiras (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) em dois sistemas de preparo do solo (SR-sem revolvimento, CR – com revolvimento). $t_{1/2}$ = tempo de meia vida; $t_{1/2a}$ = tempo de meia vida do compartimento mais facilmente decomponível; $t_{1/2b}$ = tempo de meia vida do compartimento recalcitrante. Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.....	70
Figura 6 Médias do magnésio remanescente da fitomassa da parte aérea após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha de mangueiras (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) em dois sistemas de preparo do solo (SR – sem revolvimento; CR – com revolvimento). $t_{1/2}$ = tempo de meia vida; $t_{1/2a}$ = tempo de meia vida do compartimento mais facilmente decomponível. Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.....	72

Figura 7	Fósforo remanescente da fitomassa da parte aérea após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha de mangueira (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). $t_{1/2}$ = tempo de meia vida; $t_{1/2a}$ = tempo de meia vida do compartimento mais facilmente decomponível. Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.....	74
Figura 8	Potássio remanescente da fitomassa da parte aérea após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha de mangueira (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (Sr-sem revolvimento, CR-com revolvimento). $t_{1/2}$ = tempo de meia vida; $t_{1/2a}$ = tempo de meia vida do compartimento mais facilmente decomponível. Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.....	75
CAPÍTULO III	ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO EM AGROECOSSISTEMA DE MAGUEIRA NO SEMIÁRIDO.....	83
Figura 1	Estoque de carbono do solo, nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm, 10 -20 cm, 20 40 cm e de 0-40 cm, na linha (L) e na entrelinha (EL) de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). Caat. -área sob vegetação de caatinga; I. exp.- condição inicial do experimento. Médias acompanhadas de letras maiúsculas e minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste F ( $p < 0,05$ ), e de letras gregas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Nas camadas 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e de 0-40 cm, as letras maiúsculas comparam os locais dentro de cada mistura de plantas e em cada sistema de preparo; as minúsculas os sistemas de preparo dentro de cada local e em cada mistura de plantas; e as gregas comparam as misturas de plantas dentro de cada sistema de preparo e em cada local. Na camada de 20-40 cm letras maiúsculas comparam os locais dentro de cada mistura de plantas e as e as gregas comparam as misturas de plantas em cada local. Petrolina-PE.....	97
Figura 2	Estoque de carbono (A) e taxa de adição ou perda de carbono do solo (B) na camada de 0-40 cm na área total, (25% da linha +75% da entrelinha) de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). I. exp. -início do experimento. Médias dos sistemas de preparo do solo acompanhadas de letras maiúsculas e das misturas de plantas acompanhadas de letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo Teste F ( $p < 0,05$ ), e pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), respectivamente. Petrolina-PE.....	100

- Figura 3 Estoque de nitrogênio do solo, nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm, 10 -20 cm, 20 40 cm e de 0-40 cm, na linha (L) e na entrelinha (EL) de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). Caat.-área sob vegetação de caatinga; I. exp.- condição inicial do experimento. Médias acompanhadas de letras maiúsculas e minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste F ( $p<0,05$ ), e de letras gregas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ). Na camada de 5-10 cm as letras maiúsculas comparam os locais dentro de cada mistura de plantas e em cada sistema de preparo; as minúsculas os sistemas de preparo dentro de cada local e em cada mistura de plantas; e as gregas comparam as misturas de plantas dentro de cada sistema de preparo e em cada local. Na camada de 20-40 cm as letras maiúsculas e minúsculas comparam os fatores individuais de local e sistema de preparo, respectivamente. Petrolina-PE..... 102
- Figura 4 Estoque de carbono particulado (Cp), nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm, 10 -20 cm, 20 40 cm e de 0-40 cm, na linha (L) e na entrelinha (EL) de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). Caat.-área sob vegetação de caatinga; I. exp.- condição inicial do experimento. Médias acompanhadas de letras maiúsculas e minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste F ( $p<0,05$ ), e de letras gregas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ). Na camada de 0-5 cm as letras maiúsculas comparam os locais dentro de cada mistura de plantas e cada sistema de preparo, e as minúsculas os sistemas de preparo dentro de cada local e em cada mistura de plantas; e as gregas comparam as misturas de plantas dentro de cada sistema de preparo e de cada local, na camada de 10-20 cm as letras maiúsculas comparam os locais dentro de cada mistura de plantas e as gregas comparam as misturas de plantas dentro de cada local, na camada de 20 -40 cm letras minúsculas, gregas e maiúsculas comparam os fatores isolados, sistema de preparo, mistura de plantas e local, respectivamente, e na de camada de 0-40 cm letras minúsculas comparam os sistemas de preparo em cada local e as minúsculas os locais em cada sistema de preparo e as gregas o fator isolado de mistura de plantas. Petrolina-PE..... 104
- Figura 5 Estoque de carbono associado aos minerais (Cam), nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm, 10 -20 cm, 20 40 cm e de 0-40 cm, na linha (L) e na entrelinha (EL) de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). Caat.-área sob vegetação de caatinga; I. exp.- condição inicial do experimento. Médias acompanhadas de letras maiúsculas e minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste F ( $p<0,05$ ), e de letras gregas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ). Na camada de 0-5 cm as letras maiúsculas comparam os locais dentro de cada mistura de plantas e de cada sistema de preparo, e as

- minúsculas os sistemas de preparo dentro de cada local e em cada mistura de plantas e as gregas comparam as misturas de plantas dentro de cada sistema de preparo e de cada local; na camada de 5-10 cm as letras maiúsculas comparam os locais dentro de cada mistura de plantas e as gregas comparam as misturas de plantas dentro de cada local; na camada de 10-20 cm letras minúsculas comparam os sistemas de preparo para cada mistura e as gregas comparam as misturas dentro de cada preparo, as letras maiúsculas comparam os locais para cada misturas e as gregas as misturas em cada local; na camada de 20 40 cm letras maiúsculas comparam o fator isolado de local; e na camada de 0-40 cm letras maiúsculas e gregas comparam os fatores isolados de preparo e mistura de plantas. Petrolina-PE..... 106
- Figura 6 Estoque de Cp (A) e taxa de adição ou perda de Cp do solo (B) na camada de 0-40 cm na área total, (25% da linha +75% da entrelinha) de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). I. exp. -início do experimento. Médias dos sistemas de preparo do solo acompanhadas de letras maiúsculas e das misturas de plantas acompanhadas de letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo Teste F ( $p<0,05$ ), e pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ), respectivamente. Petrolina-PE..... 108
- Figura 7 Estoque de Cam (A) e taxa de adição ou perda de Cam do solo (B) na camada de 0-40 cm na área total, (25% da linha +75% da entrelinha) de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). I. exp. -início do experimento. Médias dos sistemas de preparo do solo acompanhadas de letras maiúsculas e das misturas de plantas acompanhadas de letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo Teste F ( $p<0,05$ ), e pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ), respectivamente. Petrolina-PE..... 109
- Figura 8 Índice de manejo do C em um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). I. exp. - início do experimento. Médias dos sistemas de preparo do solo acompanhadas de letras maiúsculas e das misturas de plantas acompanhadas de letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo Teste F ( $p<0,05$ ), e pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ), respectivamente. Petrolina-PE..... 110



## LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I DIVERSIDADE DA FAUNA EPIGEICA EM AGROECOSSISTEMA DE MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO.....	26
Tabela 1 Tabela 1 Proporção de semente usada na composição de duas misturas de plantas de cobertura do solo na entrelinha de mangueira: MP1 (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas) e MP2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas). Petrolina-PE.....	32
Tabela 2 Atributos químicos do solo na entrelinha de mangueira cultivada com três misturas de plantas de cobertura (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) sob dois sistemas de preparo (SR-sem revolvimento, CR-com Revolvimento). Petrolina-PE.....	33
Tabela 3 Frequência relativa dos grupos taxonômicos da fauna epigeica encontrada na entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo do solo (SR- sem revolvimento; CR- com revolvimento) e após o manejo de três misturas de plantas de cobertura na entrelinha de mangueira (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea. Petrolina-PE.....	36
CAPÍTULO II DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE DIFERENTES MISTURAS DE PLANTAS EM CULTIVO DE MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	50
Tabela 1 Proporção de semente usadas na composição de duas misturas de plantas de cobertura do solo na entrelinha de mangueira: MP1 (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas) e MP2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas). Petrolina-PE.....	57
Tabela 2 Atributos químicos do solo na entrelinha de mangueira cultivada com três misturas de plantas de cobertura (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) sob dois sistemas de preparo (SR-sem revolvimento, CR-com Revolvimento). Petrolina-PE.....	58
Tabela 3 Médias das características químicas da fitomassa da parte aérea de diferentes misturas de plantas cultivadas na entrelinha de um agroecossistema de mangueira. Petrolina-PE.....	59
Tabela 4 Acúmulo de macronutrientes na fitomassa da parte aérea de diferentes misturas de plantas cultivadas na entrelinha de um agroecossistema de mangueira. Petrolina-PE.....	63
Tabela 5 Coeficientes de correlação de Pearson entre percentagem de fitomassa e de nutrientes remanescentes com algumas características da fitomassa seca remanescente, ao longo do tempo de decomposição. Petrolina-PE.....	76
CAPÍTULO III ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO EM AGROECOSSISTEMA DE MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO.....	83
Tabela 1 Caracterização química e física do solo antes da instalação do experimento. Petrolina-PE, 2008.....	89
Tabela 2 Proporção de semente usadas na composição de duas misturas de plantas de cobertura do solo na entrelinha de mangueira: MP1 (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas) e MP2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas). Petrolina-PE.....	90

Tabela 3	Matéria seca, teor e acúmulo de C e de N da parte aérea de diferentes misturas de plantas cultivadas na entrelinha de cultivo de mangueira, Petrolina-PE.....	91
Tabela 4	Densidade do solo nas camadas de 0- 5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20- 40 cm na linha e entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo do solo (SR- sem revolvimento; CR- com revolvimento) e após o manejo de três misturas de plantas de cobertura na entrelinha de mangueira (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea. Petrolina-PE.....	94

FREITAS, M. S. C. de. **Distribuição de organismos da fauna epigeica, ciclagem de nutrientes e carbono do solo em agroecossistema de mangueira no Semiárido.** Areia, Paraíba, Brasil. 2018. 115 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

## RESUMO GERAL

O uso de misturas de plantas nas entrelinhas de cultivo de plantas frutíferas associado ao não revolvimento do solo pode contribuir com diversidade da fauna epigeica, a ciclagem de nutrientes e sequestro de carbono no solo em ambientes irrigados sob condições semiáridas. Com objetivo de avaliar a diversidade da fauna epigeica do solo, a taxa de decomposição da fitomassa e liberação de nutrientes de diferentes misturas de plantas e o estoque de C como indicativos da qualidade e evolução de diferentes desenhos de agroecossistemas na cultura da manga (*Mangifera indica* L.), foi realizado um experimento no delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, com arranjo em parcelas subdivididas, sendo as parcelas, dois sistemas de preparo do solo, sem revolvimento (SR) e com revolvimento (CR) e as subparcelas três misturas de plantas, MP1 - 75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2 - 25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE - vegetação espontânea. O estudo de decomposição da fitossamassa e liberação de nutrientes foi realizado pelo método das sacolas de náilon (litter bag) e o da fauna epigeica em armadilhas do tipo Provid, sendo acrescentado ao arranjo experimental em ambos os estudos o fator tempo de coletas (0, 8, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 e 315 dias), como subsubparcela. Adicionalmente, como referência para o estudo da fauna epigeica do solo, utilizou-se uma área sob vegetação de caatinga. No estudo do estoque de C, acrescentou-se ao arranjo experimental o fator local de amostragem (linha e entrelinha de cultivo da manga), como subsubparcelas, e utilizaram-se duas áreas referência, uma área de caatinga preservada, sob o mesmo tipo de solo, e a condição do solo antes da instalação do experimento. A mistura de planta com maior proporção de leguminosas (MP1) apresentou as maiores taxas de decomposição e liberação de P e K, ao longo do tempo, seguida da MP2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas) e da vegetação espontânea (VE). Porém, MP1 apresentou maior acúmulo de matéria seca em relação a VE, o seu uso em agroecossistemas no semiárido permite maior ciclagem de nutrientes ao longo do tempo. O sistema de preparo com revolvimento do solo teve efeito negativo sobre a diversidade da fauna epigeica, proporcionando os menores valores de abundância, riqueza, e índices de Shannon e de equabilidade de Pielou. As misturas de plantas MP1 e MP2 proporcionaram maior riqueza à comunidade da fauna epigeica e maiores índices de diversidade de Shannon em comparação a VE, indicando o uso potencial dessas misturas para o aumento da biodiversidade do solo em agroecossistemas de plantas frutíferas, em condições semiáridas. Verificou-se aumento no estoque de C, na maioria das camadas do solo, tanto para linha, como na entrelinha de cultivo da manga, quando comparado aos valores encontrados no início do experimento. Contudo, nenhum dos sistemas avaliados apresentou estoque mais elevado do que área sob Caatinga. O uso da mistura de planta MP1 na entrelinha aumenta o estoque de C na linha de cultivo da manga. Independentemente do sistema de preparo do solo, o desenho de agroecossistema com uso da MP1 é um sistema promissor em aumentar os estoques de C total do solo e em suas frações, bem como promover aumento do índice de manejo de C do solo na camada de 0-40 cm. Dessa forma, a prática de manejo sem revolvimento do solo, associado ao uso de misturas de plantas na entrelinha de manga, é recomendada como um sistema de manejo sustentável do solo.

Palavras-chave: coquetel vegetal, preparo do solo, taxa de decomposição, biota do solo.

FREITAS, M. S. C. de. **Distribution of the epigeic fauna organisms, nutrient cycling, and soil carbon in a semi-arid ecosystem.** Areia, Paraíba, Brasil. 2018. 115 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

### GENERAL ABSTRACT

The use of plant mixtures in inter-rows of fruit trees associated with non soil turnover can contribute to the diversity of epigeic fauna, nutrient cycling, and soil carbon sequestration in irrigated environments under semi-arid conditions. The aim of this study was to evaluate the diversity of soil epigeic fauna, the rate of decomposition of biomass and release of nutrients from different plant mixtures, and the carbon stock as indicative of the quality and evolution of different patterns of mango crop agroecosystems (*Mangifera indica* L.), an experiment was carried out in a randomized complete block design, with four replications, in split plots. The plots were two soil management systems, no-tillage (NT) and tillage (T) and three plant mixtures, PM1 - 75% legumes + 25% grasses and oilseeds, PM2 - 25% legumes + 75% grasses and oilseeds, and SV - spontaneous vegetation. The study of the biomass decomposition and nutrient release were conducted using the litter bag method and the epigeic fauna in Provid type traps, adding to the experimental design, in both of the studies, time factor of collect (0, 8, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 and 315 days) as sub-subplot. Additionally, as a reference for the study of the soil epigeic fauna was used an area under vegetation of Caatinga. In the study of C stock, local sampling factor (in and inter-rows of mango cultivation) was added to the experimental design as subplots, and two reference areas, a preserved Caatinga area, used under the same type of soil, and soil condition prior to the installation of the study. The plant mixture with a higher proportion of legumes (PM1) had the highest rates of decomposition and release of P and K over time, followed by PM2 (25% legumes + 75% grasses and oilseeds) and spontaneous vegetation (SV). Nonetheless, PM1 presented greater accumulation of dry matter compared to SV, its use in agroecosystems in the semi-arid region allows a greater cycling of nutrients over time. The soil tillage system had a negative effect on the diversity of the epigeic fauna, providing the lowest values of abundance, richness, and Shannon indices and Pielou equability. The plant mixture of PM1 and PM2 provided greater richness to the community of the epigeic fauna and higher diversity indexes of Shannon compared to SV, indicating the potential use of these plant mixtures for the increase of soil biodiversity in agroecosystems of fruit trees in semi-arid conditions. There was an increase in the C stock in most of the soil layers, both for the row and inter-rows of the mango crop when compared to the values found at the beginning of the experiment. However, none of the evaluated systems presented higher C stock than the area under Caatinga. The use of the PM1 plant mixture in the inter-row increases the C stock in the mango cultivated in the row. Regardless of the soil preparation system, the agroecosystem design using PM1 is a promising system to increase the total soil stock and fractions of carbon and to increase soil carbon management index in the 0-40 layer cm. Thus, the no-tillage system, associated with the use of plant mixtures in the mango inter-row, is recommended as a sustainable soil management system.

Keywords: plant cocktail, soil preparation, decomposition rate, soil biota.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O sequestro de carbono (C) no solo em terras agrícolas é uma das estratégias viáveis para mitigar a emissão de gases do efeito estufa (GEE) e manter a sustentabilidade de agroecossistemas (NATH e LAL, 2017). Entretanto, a mudança do uso da terra promove efeitos na dinâmica do C do solo, podendo potencializar ou minimizar as perdas desse elemento, dependendo do tipo de sistema agrícola ou condições de manejo adotadas (CARVALHO et al., 2010).

Em condições semiáridas, há restrições no acúmulo de carbono orgânico do solo (COS), pois essas regiões são caracterizadas pelas altas temperaturas, reduzida pluviosidade, solos pouco intemperizados e arenosos e também pela pequena produção de fitomassa (MAIA et al., 2006; GIONGO et al., 2011). Contudo, nos sistemas remanescentes, o balanço de carbono orgânico (CO) está em equilíbrio (entrada semelhante à saída), mantendo o COS praticamente estável no tempo (SANCHES, 1976). A mudança do uso da terra, por meio da substituição da mata nativa por sistemas agrícolas, pode promover sensíveis alterações nos processos de decomposição e síntese do C e N, decorrentes das modificações no fornecimento de resíduos a serem adicionadas ao solo, das condições de aeração, temperatura e disponibilidade de água (FRAGA e SALCEDO, 2004; TIVET et al., 2013). Dessa forma, rompe o equilíbrio em relação à condição inicial e assim afeta a decomposição de resíduos orgânicos, processo ecológico chave que equilibra a produção primária líquida em ecossistemas terrestres e é essencial no reabastecimento de nutrientes para a comunidade vegetal e para o estoque de C no solo (SILVA e MENDONÇA, 2007).

Alterações no ciclo do carbono e de nutrientes no solo afetam também a dinâmica e a diversidade da fauna do solo que exercem funções ecológicas e prestam serviços nos ecossistemas, como aqueles relacionados aos processos de fragmentação e decomposição dos resíduos orgânicos, disponibilização de recursos para outros organismos da cadeia trófica, mediação da transferência de solutos e particulados no perfil do solo, bem como na proteção do COS (LAVELLE et al., 2006; KORASAKI et al., 2013; BOTTINELLI et al., 2015).

No semiárido brasileiro, a produção agrícola tem sido viabilizada pelo uso da irrigação, sendo a fruticultura uma opção de atividade econômica nessa região. Entretanto, as elevadas temperaturas e intensidade de insolação, características do clima semiárido, associadas à alta disponibilidade de água e nutrientes, nos cultivos irrigados, aumentam a entropia do sistema, favorecendo o estado de mínima energia e máxima desordem, implicando perdas do C do solo (GIONGO et al., 2011). Além disso, o manejo da entrelinha de cultivo com constante roçagem

da vegetação espontânea e/ou incorporação dos seus resíduos ao solo, aliado ao tráfego de máquinas utilizadas nas operações de colheitas e tratos culturais podem reduzir os estoques totais de C do solo e também alterar os seus compartimentos, C - particulado e associado aos minerais, que inferem na qualidade do solo.

Manter o estoque de C no solo dos agroecossistemas, semelhante ao encontrado em solos sob vegetação remanescente, não parece ser tarefa fácil, pois o grau da perda e o potencial de restauração do COS dependem de muitos fatores, incluindo textura do solo, mineralogia, clima, sistemas de cultivo, qualidade do resíduo aportado, entre outros (DIECKOW et al., 2009; ZHAO et al., 2006; LAL et al., 2011; COTRUFO et al., 2015). Sistemas de manejo, que reduzem a magnitude e intensidade de perturbação ao solo, o cultivo diversificado de plantas, por meio de arranjos complexos e rotação de culturas, bem como a cobertura permanente do solo têm sido propostos como estratégias importantes para restaurar e manter o estoque COS, melhorar a qualidade do solo e aumentar a produtividade agrônômica das culturas (CONCEIÇÃO et al., 2013; ZOTARELLI et al., 2012; PRASAD et al., 2016).

Apesar dos avanços na pesquisa, o fato de que sistemas de manejos que incluem o preparo mínimo do solo e uso de plantas de coberturas aumentam o estoque de e melhoram a qualidade do solo ainda não são totalmente compreendidos, como no caso de ambientes semiáridos. Além disso, o preparo mínimo do solo e uso de plantas de coberturas não são práticas frequentemente adotadas em agrossistemas semiáridos, porque há dificuldade para compor estratégias adaptadas às condições edafoclimáticas vigentes (GARCIA-FRANCO et al., 2015). Portanto, em ambientes semiáridos, faz-se necessário que os estudos avancem para a proposição de agroecossistemas capazes de potencializar o aumento do estoque de C e no sentido de encontrar indicadores que sejam capazes de inferir sobre a qualidade e evolução desses agroecossistemas.

Nesse contexto, desenhos de agroecossistemas compostos pelo cultivo de fruteiras perenes associados à perturbação mínima do solo e ao cultivo intercalar da mistura de plantas com diferentes proporções de espécies de leguminosas, gramíneas e oleaginosas podem ser uma importante estratégia para promover o aumento de C dos solos, equilibrar as taxas de adição e decomposição e ciclagem de nutrientes dentro do sistema de produção. Além disso, podem ser uma alternativa potencial para manutenção da biodiversidade e da sustentabilidade de sistemas produtivos em áreas irrigadas do Semiárido brasileiro.

Portanto este trabalho teve como objetivo avaliar a taxa de decomposição e liberação de nutrientes por parte de diferentes misturas de plantas, a diversidade da fauna epigeica do

solo e o estoque de C como indicativos da qualidade e evolução de diferentes desenhos de agroecossistemas na cultura da manga (*Mangifera indica* L.)

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Mudanças climáticas

As mudanças no ciclo global do carbono (C) e do nitrogênio (N) estão relacionadas às discussões sobre o efeito estufa, termo que compreende o aquecimento da atmosfera devido à interação de gases, como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ), o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e o vapor d'água, com a radiação solar refletida na superfície terrestre. Estudos apontam que as atividades antrópicas têm causado a elevação da concentração dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, especialmente, pela combustão de combustíveis fósseis e pela mudança do uso do solo (LIU e RODRÍGUEZ, 2005; GHOMMEM et al., 2012; LAL, 2014; LI e YANG, 2014; IPCC, 2014).

O uso do solo, por meio da agricultura, desempenha um papel importante nos fluxos de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ , devido ao solo ser um importante compartimento de C. Estima-se mundialmente que, em média, cerca de  $50 \times 10^6$  Mg a  $700 \times 10^6$  Mg de C do solo foram perdidos para a atmosfera devido à mudança do uso da terra ao longo do período de 1860 a 2010. Além disso, é previsto que os estoques de C do solo diminuam ainda mais com o aumento das temperaturas globais (FAO, 2017).

Assim, nas últimas décadas, pesquisadores e formuladores de políticas têm enfrentado o desafio de desenvolver e implementar práticas de manejo que reduzam as emissões de GEE, mantendo a produtividade e a qualidade dos agroecossistemas (GARCIA-FRANCO et al., 2015). Atenção especial deve ser dada às regiões semiáridas, onde a baixa precipitação e altas temperaturas são fatores limitantes para o armazenamento de C no solo e produção agrícola (BLANCO- MOURE et al., 2016).

Em regiões áridas e semiáridas, a irrigação é essencial para a disponibilidade de água no solo e para o aumento da produção das culturas (LAL, 2004; FENG et al., 2005). Por outro lado, a irrigação aumenta a atividade microbiana devido ao maior teor de água do solo, que pode acelerar a mineralização de compostos de carbono, aumentando os fluxos de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera (GILLABEL et al., 2007; JABRO et al., 2008; SAINJU et al., 2008).

Diminuir as perdas de C para atmosfera requer uma gestão sustentável do solo nos mais diversos ecossistemas agrícolas. Isso inclui o gerenciamento de práticas conservacionistas tais como a minimização/eliminação da perturbação ao solo, plantio direto, cobertura contínua do solo, adubação verde, fixação biológica de nitrogênio (FBN), ciclagem de nutrientes, adoção de sistemas agrícolas complexos com diversificação de culturas, entre outras práticas que diminuam os impactos ambientais ocasionados pela mudança do uso da terra (LAL et al., 2011).



## 2.2 Semiárido brasileiro e uso do solo

O Semiárido brasileiro compreende uma área de cerca de 969.589,4 km<sup>2</sup>. Comparado com outras regiões semiáridas do mundo, onde chove entre 80 a 250 mm por ano, é considerado o mais chuvoso do planeta. Em média, no Semiárido brasileiro, estima-se uma precipitação pluviométrica de 200 a 800 mm anuais, concentrada em poucos meses do ano e distribuída de forma irregular em toda a região. Cerca de 90% de suas águas não são aproveitadas em virtude do índice de evaporação, que pode atingir até 2700 mm ao ano devido às elevadas temperaturas, com média anual entre 20 °C a 24 °C, típicas do clima Semiárido (BRASIL, 2005; SILVA et al., 2010; MONTENEGRO e MONTENEGRO, 2012). Isso provoca um déficit hídrico desafiador para quem vive da agricultura e da criação de animais na região semiárida.

A cobertura vegetal que ocupa a maior parte do Semiárido, é do tipo caatinga hiperxerófila, variando de arbustiva esparsa a arbustiva muito rala, com riqueza biológica e endemismo, adaptada às condições edafoclimáticas, (SILVA et al., 2010; PEREIRA, 2012). Os remanescentes de caatinga têm sido desmatados ao longo dos anos de forma acelerada, devido, principalmente, ao consumo de lenha nativa, explorada de forma ilegal e insustentável para fins domésticos e industriais, ao sobrepastoreio e à conversão para pastagens e agricultura (MMA, 2010).

Quanto aos solos do Semiárido, de um modo geral, são pouco intemperizados, rasos, baixa fertilidade e com predominância da fração areia em sua composição granulométrica. Isso associado às características climáticas e à baixa capacidade de suporte de vegetação para a reposição da liteira leva essa região a apresentar baixos teores de matéria orgânica do solo (MOS), porém estáveis e em equilíbrio com a dinâmica do ecossistema. Entretanto, com as mudanças do uso do solo pelas atividades agrícolas e extrativistas, esse equilíbrio pode ser facilmente perdido, acarretando alterações nos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes, principalmente do C e N, que são elementos importantes na dinâmica dos ecossistemas (GIONGO et al, 2011).

O processo de ocupação e uso do solo do Semiárido brasileiro foi marcado pelo uso intensivo dos recursos naturais, pela pecuária extensiva, agricultura itinerante marcada pelo uso do fogo e pelo extrativismo de madeira como matriz energética (PEREIRA, 2012). Esse modelo, ainda vigente, estimulou a degradação do solo, promoveu a perda da biodiversidade e contribuiu para reduzir os estoques de C e N do solo (SACRAMENTO et al., 2013).

A substituição da mata nativa por sistemas agrícolas promove sensíveis mudanças nos processos de decomposição e síntese da MOS, C e N, decorrentes das alterações no fornecimento de resíduos a serem adicionadas ao solo, das condições de aeração, temperatura

e disponibilidade de água (FRAGA e SALCEDO, 2004; TIVET et al., 2013), rompendo o equilíbrio em relação à condição inicial. Além disso, a intensificação das ações antrópicas, como a remoção da vegetação nativa, aumenta a pressão sobre os solos e a biota do semiárido, aumentando, cada vez mais, os riscos de desertificação de algumas áreas (NOBRE, 2011).

Atualmente, a economia do Semiárido ainda se baseia na pecuária e agricultura e no extrativismo vegetal. A pecuária é caracterizada pela criação de bovinos, caprinos e ovinos, que sobrevivem, na maioria das vezes, dos recursos ofertados pela Caatinga (ARAÚJO FILHO, 2013). Como atividades agrícolas, destacam-se a agricultura familiar, desenvolvida com baixo nível tecnológico pelo cultivo tradicional de sequeiro, e os agropolos irrigados (MONTENEGRO e MONTENEGRO, 2012).

Por meio da agricultura irrigada, algumas áreas do Semiárido brasileiro alcançaram sucesso, conciliando atributos naturais do solo, relevo, geologia e clima com técnicas modernas de irrigação, sendo consideradas referência nacional de produção de olerícolas e frutícolas com alto valor agregado (ARAÚJO FILHO et al., 2017). Nesse cenário, destacam-se projetos de irrigação do Vale do São Francisco (Polo Petrolina-PE/ Juazeiro-BA); Baixo Jaguararipe-CE; Alto Piranhas-PB; norte de Minas; e polo Açú-Mossoró-RN (onde está localizado o maior polo de produção e exportação de melão do país) (SILVA et al., 2010).

O polo Petrolina/Juazeiro, no Submédio São Francisco, é um exemplo de desenvolvimento agrícola em bases irrigadas do Semiárido. A partir da implantação dos perímetros públicos e privados no final da década de 60 e dos investimentos estatais em infraestrutura para captação e distribuição de água e geração de energia elétrica, a agricultura irrigada, mais especificamente a fruticultura irrigada, tornou-se a principal atividade econômica da região, com maior ênfase para a produção da manga e da uva para exportação. Isso produz impactos significativos sobre a geração de renda e empregos no Submédio São Francisco e para geração de divisas para o Nordeste brasileiro (LACERDA e LACERDA, 2004; ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

Os benefícios trazidos pela implantação dos perímetros irrigados no semiárido são inegáveis. Contudo, os agropolos irrigados se estruturaram em torno da produção em larga escala, orientada para o mercado externo, especialmente, pelos monocultivos de frutíferas perenes, com destaque para as culturas da manga e da uva no Submédio São Francisco. Esses monocultivos têm causado a degradação dos solos e a perda da biodiversidade, pois dentro dos sistemas de produção os atributos físicos, químicos e biológicos do solo sofrem modificações pela aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas, tráfego de máquinas e alteração do regime hídrico nas bacias hidrográficas (CORRÊA, 2007). Consequentemente, isso ameaça a qualidade

da produtividade e aumenta a fragilidade dos sistemas produtivos frente às mudanças climáticas.

Giongo et al. (2011) destacam que os sistemas de irrigação de alta frequência e adição de nutrientes, via fertirrigação no Submédio São Francisco, combinados com as elevadas temperaturas e intensidade de insolação, aumentam a entropia do sistema, favorecendo o estado de mínima energia e máxima desordem, implicando oxidação da MOS. Além disso, a irrigação, empregando manejos inadequados e uso excessivo de fertilizantes químicos, eleva o nível de salinidade dos solos, tornando-os, muitas vezes, irrecuperáveis e, portanto, impróprios para a agricultura (VASCONCELOS, 2014; PEDROTTI et al. 2015).

Apesar dos pontos negativos percebidos, parte do crescimento futuro para a produção das culturas em regiões semiáridas inclui a prática da irrigação (POSTEL, 2003; FAO, 2011). Por isso, atrelado ao uso da irrigação, é necessário o aprimoramento de práticas de manejo do solo nos agroecossistemas para assegurar a produção de alimentos, a manutenção da qualidade dos solos e da biodiversidade. Assim, é extremamente relevante o desenvolvimento de pesquisas que incluam novas tecnologias de produção adequadas às condições edafoclimáticas, que colaborem para o sequestro de C e mitigação dos impactos do efeito estufa, para recuperação de solos acometidos por sais e que promovam o aumento da biodiversidade e a qualidade do solo.

### **2. 3 Matéria orgânica do solo e estoque de C**

A MOS é constituída basicamente por C, H, O, N, P e S. O C compreende cerca de 58% da composição da MOS. Nesse sentido, o conhecimento da dinâmica MOS nos sistemas agrícolas e naturais pode auxiliar nas previsões sobre as mudanças climáticas globais, pois a liberação e a conversão em dióxido de carbono ou metano, até mesmo de pequenas proporções de C contidas na MOS, podem causar variações quantitativamente relevantes nas concentrações atmosféricas de gases do efeito estufa (LEHMANN e KLEBER, 2015).

A MOS é formada através da decomposição parcial e transformação de resíduos orgânicos (por exemplo, resíduos da parte aérea e das raízes das plantas e exsudatos tanto da parte aérea como radicular) por organismos do solo. Apesar de sua reconhecida importância, existe uma visão amplamente divergente sobre a formação da MOS, que envolve transformações biológicas, físicas e químicas sobre compostos orgânicos, capazes de formar íntima associação com os minerais do solo, tornando difícil o estudo de sua natureza (LEHMANN e KLEBER, 2015). O potencial de estabilização e as condições climáticas e do solo determinarão, em última análise, a quantidade de MOS, derivada dos resíduos, que irá

persistir no longo prazo na forma de C estável em relação à quantidade que é mineralizada (COTRUFO et al. 2015).

Em um sentido abrangente, Silva e Mendonça (2007) definem a MOS como uma fração que compreende todos os organismos vivos e seus restos encontrados no solo, nos mais variados graus de decomposição. A fração bio da MOS, também chamada de fração ativa, apesar de ser pouco incluída nos estudos de modelagem de C, é representada pelo C orgânico associado às células de organismos que se encontram temporariamente imobilizadas(dreno), mas que apresentam potencial de mineralização (fonte). Incluem-se nesse compartimento as raízes de plantas, fauna do solo (macro e mesofauna) e os microrganismos (SILVA e MENDONÇA, 2007).

De uma maneira sintetizada, a fração lábil inclui a macrorrgânica, matéria leve ou também chamada de carbono particulado (CP), dependendo do método de fracionamento adotado. Essa fração é composta, principalmente, por restos vegetais em vários estágios de decomposição e bastante sensível à mudança do uso do solo, pois a sua localização e composição química favorecem o ataque microbiano (CAMBARDELLA e ELLIOT, 1992; BAYER et al.; 2000; FREIXO et al., 2002). Em geral, o CP representa de 3 - 20 % do C total do solo, embora nos solos onde os mecanismos de proteção física e química são limitados, como os de textura arenosa, esses valores podem alcançar até cerca de 40% do C total (SANTOS et al., 2013).

À medida que o CP se decompõe e se fragmenta em matéria orgânica mais fina, torna-se fisicamente e/ou quimicamente estabilizado dentro do componente mineral do solo, migrando para fração associada aos minerais (CAM) (tamanho menor que  $<53 \mu\text{m}$ ), também, conhecida por húmus. A longa persistência do CAM no solo e sua alta contribuição para o C total do solo, tornam essa fração de interesse particular no contexto do ciclo C global (SCHMIDT et al., 2011). Devido à natureza complexa e aos diferentes mecanismos de estabilização envolvidos, o conhecimento ainda é limitado sobre os mecanismos que envolvem a formação deste compartimento do C no solo (BLANCO-MOURE et al. 2016).

Embora existam evidências de que a fração CAM é controlada pela textura do solo e particularmente pelo conteúdo de argila (SIX et al., 2002; DIECKOW et al., 2009; BLANCO-MOURE et al., 2016). Entretanto, nem sempre há uma relação direta e estreita entre a concentração de argila e C orgânico total. Essa razão não é tão fácil, pois envolve não só um mecanismo de estabilização, mas diferentes, como os de proteção física e química, bem como fatores que controlam os fluxos de entrada e de saída do C no sistema solo (clima, uso e manejo do solo e composição dos resíduos) (ZHAO et al., 2006).

Os três principais mecanismos de proteção do C no solo são: (1) recalcitrância bioquímica, (2) estabilização química e (3) proteção física. A recalcitrância bioquímica compreende características de nível molecular de substâncias orgânicas, incluindo a composição elementar, presença de grupos funcionais e conformação molecular, que influenciam sua degradação pelos microrganismos e enzimas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). A estabilização química está associada à interação do C com as frações silte e argila, formando compostos organominerais por meio de mecanismos de estabilização (ligação eletrostática, força de Van der Waals, ponte de hidrogênio e coordenação com oxihidróxidos e argilas silicatadas). E a proteção física está ligada ao C que se encontra tanto na superfície como dentro dos agregados, estruturas que atuam fisicamente, diminuindo o acesso à microbiota do solo e a seu sistema enzimático, bem como, reduzindo a difusão de O<sub>2</sub> nos microporos. No mecanismo que envolve a agregação, ocorre a proteção não seletiva de compostos orgânicos, acarretando estabilização de formas mais lábeis de C (SILVA e MENDONÇA, 2007).

Em síntese, o estoque de C no solo é o resultado do balanço entre as entradas e as saídas de resíduos no solo, regulado por uma série de fatores que determinam desde a quantidade e qualidade do material aportado ao solo (entradas), à evolução de CO<sub>2</sub> por meio dos processos de decomposição, quer seja do C lábil ou do C protegido (saída). Esses fatores perpassam pelo clima, qualidade química dos resíduos, características inerentes ao solo (fertilidade, textura e mineralogia), atividade de macro e microrganismo, uso do solo e práticas de manejo solo (SIX et al., 2002; AITA E GIACOMINI, 2003; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; DIECKOW et al., 2009; BLANCO-MOURE et al. 2016).

## **2.4 Decomposição e ciclagem de nutrientes**

A decomposição é um processo ecológico chave que equilibra a produção primária líquida em ecossistemas terrestres, sendo essencial no reabastecimento de nutrientes para a comunidade vegetal e para o estoque de C no solo. Esse processo caracteriza-se pela quebra (degradação) das estruturas carbonadas de resíduos vegetais e animais adicionados ao solo e mineralização, via quebra das formas orgânicas mais complexas em compostos orgânicos mais simples e em elementos minerais (SILVA e MENDONÇA, 2007). Nesse processo, o C aportado ao solo, via resíduos, servirá de fonte de energia para a biomassa microbiana (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Para muitos solos dos trópicos, em especial, em condições semiáridas, a entrada de materiais orgânicos é essencial para sustentar a fertilidade do solo e a produção das culturas. A chave das pesquisas da qualidade dos *inputs* orgânicos está no entendimento dos fatores que

regulam as taxas de decomposição e liberação de nutrientes. Adicionalmente, o conhecimento do padrão temporal de decomposição é fundamental no desenvolvimento de estratégias para sincronizar mineralização de N e de outros nutrientes com a demanda das culturas (BRELAND, 1994; KWABIAH et al., 2000).

O processo de decomposição e estabilização de detritos orgânicos no solo em MOS é uma atividade complexa, regulada por três categorias gerais de variáveis de direção: o ambiente (clima e componentes edáficos), a qualidade do recurso e os organismos decompositores (AITA e GIACOMINI, 2003; MOREIRA E SIQUEIRA, 2006). Lavelle et al. (1993) sugerem que a decomposição é controlada por uma hierarquia dos fatores que regulam a atividade microbiana, (ambiente e qualidade dos resíduos). Dois aspectos importantes desse modelo são que a qualidade dos resíduos e as relações mutualistas entre macro e microorganismos governam as taxas de decomposição e ciclagem de nutrientes, quando os fatores climáticos e edáficos são ideais ou, pelo menos, não limitantes.

Em escala regional, as condições inerentes do solo e o clima, particularmente a temperatura e a precipitação, determinam a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes. Com relação ao solo, o processo de decomposição varia significativamente com a textura do solo (SANDERMAN e AMUNDSON, 2003; SOUZA et al., 2016), devido a sua importância para retenção de água e troca de gás entre o solo e a atmosfera (SCOTT et al., 1996), e também devido aos mecanismos de proteção físico-química dos resíduos ao ataque microbiano (SOLLINS et al., 1996). Porém, características químicas como o pH e a disponibilidade de nutrientes no solo são fatores importantes para o crescimento da população de organismos que atuam nos processos de fragmentação e decomposição dos resíduos (SOUZA et al., 2016).

O clima, sobretudo por meio dos fatores temperatura e precipitação pluviométrica, determina a produção de fitomassa da vegetação e a velocidade dos processos químicos e bioquímicos do solo. Esses fatores, geralmente, exercem controle dominante sobre perda de massa, ou seja, sobre a taxa de decaimento dos resíduos (LAVELLE et al., 1993).

O preparo do solo também influencia nos fatores intrínsecos à decomposição, mudando a dinâmica do fenômeno. Segundo Thönnissen et al. (2000), resíduos incorporados ao solo são mais rapidamente decompostos do que aqueles deixados sobre a superfície do solo. O preparo do solo, geralmente, expõe os resíduos orgânicos às condições de oxidação (temperatura, umidade e aeração), acelerando a atividade microbiana, com isso elevando a taxa de decomposição (Thönnissen et al. 2000; Gómez -Muñoz et al., 2014). Zibilske e Materon (2005) observaram que, em condições semiáridas, a incorporação a 10 cm de profundidade

reduziu a percentagem remanescente de fitomassa no solo, após um ano, de 75% para 45%, quando comparada à sua deposição sobre a superfície. Gómez-Muñoz et al. (2014) também verificaram que a fitomassa aérea de *Vicia sativa*, incorporada entre 5-10 cm de profundidade do solo, na entrelinha de um pomar de oliveira no sul da Espanha, apresentou taxa de decomposição mais elevada do que aquelas deixadas sobre a superfície do solo.

A qualidade da fitomassa das plantas de cobertura é considerada o fator de controle mais importante da decomposição nas escalas locais, e as variações entre as taxas de decomposição entre diferentes tipos de cobertura têm sido comumente relacionadas a concentrações iniciais (e proporções) de nutrientes (Vaieretti et al., 2005). Em geral, a qualidade química dos resíduos orgânicos aportados ao solo tem sido predita por meio do conteúdo de N, P, relação C/N, hemiceluloses, celuloses, ligninas e polifenóis, juntamente com suas interações. Em função da maior ou menor quantidade de certos componentes, o resíduo será decomposto mais lentamente ou mais rapidamente, por exemplo, materiais ricos em açúcares, proteínas, amidos e celulose são decompostos em menos tempo do que aqueles ricos em materiais recalcitrantes como as ligninas, moléculas de elevado peso molecular, de alta estabilidade e resistente ao ataque de microrganismos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

A relação C/N tem sido utilizada para descrever o processo de mineralização e imobilização de nutrientes por ser uma aproximação da relação energia (E) /N, que regula a direção das reações envolvidas nesse processo. Para atender às necessidades dos microrganismos sem recorrer ao N do solo, o resíduo precisa ter uma relação C/N de 25 a 30 (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; SILVA e MENDONÇA, 2007).

Kwabiah et al. (2000) destacam que nem sempre o melhor preditor da decomposição e liberação de nutrientes é o conteúdo de N e a relação C/N, porque a taxa de decomposição muda com o tempo devido à acumulação de resíduos mais recalcitrantes, como a lignina, celulose, compostos fenólicos, que tornam-se mais expressivos na massa remanescente, passando a ser melhores indicadores da decomposição.

Aita e Giacomini (2003), estudando a cinética de decomposição de leguminosas e de gramíneas, observaram que esse processo segue um padrão semelhante, com uma fase inicial rápida, seguida de outra mais lenta. Contudo, esses autores observaram que, ao final do primeiro mês, apenas 57% da matéria seca da ervilhaca permaneciam na superfície do solo, contra 81% da aveia. Eles também encontraram no tratamento com ervilhaca, que apresentou a menor relação C/N e Lignina/N, e as maiores concentrações de N total e N solúvel em água, as menores quantidades de N remanescente em toda a fase experimental.

Embora se tenha assumido que o processo de decomposição apresente um modelo específico, com decomposição preferencial dos compostos lábeis, seguido daqueles mais recalcitrantes, sendo esses últimos utilizados pelos microrganismos somente após esgotado os mais ricos em nutrientes. Cotrufo et al. (2015) colocam que nem sempre esse modelo é seguido; em condições adequadas, organismos decompositores devidamente adaptados têm a capacidade de decompor até mesmo materiais presumivelmente persistentes, mais rapidamente do que lábeis. Assim, a lignina, por exemplo, pode ser decomposta rapidamente, desde que se tenha disponíveis e acessíveis moléculas orgânicas como fonte de energia para que ocorra sua mineralização.

A população de organismos no solo é fundamental nos processos de transformação, imobilização e liberação de nutrientes nele próprio. Diversos organismos atuam na reciclagem de nutrientes e processos de biodegradação. O ataque inicial aos materiais recentemente incorporados ao solo é feito pelos componentes da macro e mesofauna do solo, que reduzem o tamanho do material, levando ao aumento da sua superfície específica, favorecendo a ação dos microrganismos no processo de decomposição/mineralização (MOREIRA e SIQUEIRA 2006).

A ação combinada de trituração, de lixiviação e do catabolismo resulta em padrões de perda de massa. Como o elemento dominante nos tecidos das plantas é o C, a perda desse elemento se assemelha à perda de massa. Entretanto, as taxas em que outros elementos (nutrientes) importantes são perdidos podem variar significativamente. As mudanças no estado de nutrientes podem ser generalizadas em três fases: (1) lixiviação inicial, (2) bioacumulação/imobilização e (3) mineralização líquida (SANDERMAN e AMUNDSON, 2003).

Nutrientes que são considerados limitantes ao crescimento da biomassa como N e P podem seguir as três fases: lixiviação inicial, bioacumulação/imobilização e mineralização líquida (ZHAO et al., 2009; SANDERMAN e AMUNDSON, 2003). Entretanto a dinâmica do K é rápida por esse elemento não fazer parte de nenhuma estrutura celular dos vegetais e encontrar-se na forma iônica, o mecanismo de lixiviação é praticamente dominante, sendo esse elemento rapidamente liberado dos resíduos orgânicos (AITA e GIACOMINI et al. 2003; GAMA- RODRIGUES et al. 2007). Teixeira et al. (2010), ao avaliarem a decomposição de dois tipos de palhadas, encontraram que a velocidade de liberação do K foi praticamente a mesma, independentemente da taxa de decomposição diferenciada das palhadas.

O estudo da taxa de decomposição de resíduos orgânicos tem sido realizado através da técnica da perda de massa em sacolas de tela nylon ("litterbags"), ajustando-se modelos matemáticos que descrevem essa perda de massa em função do tempo de exposição do material



aos fatores determinantes da decomposição (solo, clima e microrganismos) (WIDER e LANG, 1982). Cotrufo et al. (2015) destacam que podem ocorrer alguns inconvenientes no estudo de decomposição por meio da técnica de decaimento de massa em sacolas de Nylon, como por exemplo, as perturbações biofísicas que aceleram o desaparecimento total dos resíduos dentro de alguns anos e que as taxas de decaimento da camada superficial podem ser subestimadas.

Frequentemente, o modelo mais utilizado nos estudos de decomposição considera que a decomposição decresce de forma exponencial, a uma taxa constante ( $k$ ) (KWABIAH et al., 2000; GAMA-RODRIGUES et al. 2007; SOUZA et al. 2016). Esse modelo, também conhecido como modelo exponencial simples, proposto por Jenny et al. (1949) e discutido em detalhes consideráveis por Olson (1963), sugere que a taxa de decomposição absoluta diminui linearmente à medida que a quantidade restante do substrato ou a taxa de decomposição relativa permanece constante. Contudo, com o tempo, após a perda dos componentes mais facilmente decomponíveis e aumento da proporção progressiva dos materiais mais recalcitrantes, ocorre a diminuição da perda de massa absoluta e se mantém constante a taxa de decomposição relativa.

A taxa de decomposição e liberação de nutrientes também têm sido expressa por meio dos modelos assintótico e exponencial duplo. No assintótico, considera-se que são transformados apenas a matéria seca e os nutrientes do compartimento mais facilmente decomponível, diminuindo exponencialmente a uma taxa constante ( $k_a$ ). Nesse modelo, o compartimento recalcitrante não sofre transformação dentro do período avaliado. Enquanto no modelo exponencial duplo, a matéria seca e os nutrientes dos dois compartimentos diminuem exponencialmente a taxas constantes, sendo a primeira fração transformada a uma taxa mais elevada ( $k_a$ ) e a segunda, aquela mais recalcitrante, a uma taxa menor ( $k_b$ ) (WIDER e LANG, 1982; AITA e GIACOMINI, 2003; TEIXEIRA et al., 2010).

Vários estudos já abordaram a decomposição de resíduos orgânicos no campo em condições tropicais úmidas (AITA e GIACOMINI et al., 2003; GAMA-RODRIGUES et al., 2007; TEIXEIRA, et al. 2010; XAVIER et al., 2017). Em condições semiáridas, Souto et al. (2005), em condições de sequeiro, estimaram a taxa de decomposição e liberação de diferentes esterco; Freitas et. (2012) descreveram a taxa decomposição e liberação de N dos esterco caprinos e bovinos em diferentes profundidades em condições semiáridas irrigadas por microaspersão. Entretanto, estudos que descrevam modelos capazes de prever a taxa de decomposição em condições tropicais semiárida irrigadas ainda são necessários para o entendimento da dinâmica do C e para o ciclo de nutrientes dentro dos agroecossistemas nesses ambientes.

## 2.5 Fauna do solo: macro e mesofauna

O compartimento formado pelo sistema solo-serapilheira faz a comunicação entre o solo e a vegetação, constituindo-se em um habitat, onde ocorrem abundantemente a fauna e a comunidade de microrganismos heterotróficos (CORREIA e ANDRADE, 2008). Esses organismos irão atuar de forma interativa, formando uma cadeia trófica, na qual os reguladores, formados pela fauna do solo (macrofauna, mesofauna e microfauna), possuem o papel de trituradores, atuando também como predadores e parasitas, enquanto fungos e bactérias e actinomicetos são os decompositores (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

A fauna do solo pode ser classificada, quanto à sua funcionalidade, por critérios taxonômicos, tamanho, tempo de residência no solo, habitat, forma de locomoção e nutrição, sendo encontradas na literatura as mais variadas classificações em relação a esses organismos. Em relação aos critérios morfológicos de tamanho, a fauna do solo é classificada em microfauna, a qual inclui os organismos inferiores, menores que 0,2 mm; em mesofauna, organismos de 0,2 mm a 2mm; e macrofauna diâmetro corporal superior a 2mm. O tamanho e forma de respiração dos invertebrados que vivem no solo refletem suas mais variadas formas de adaptação em relação aos ambientes em que sobrevivem (LAVELLE et al., 1997; LAVELLE et al., 2006).

A mesofauna é composta pelos ácaros, colêmbolos, enquitreídeos, proturas, dipluras e diversas ordens de insetos. Seu papel na decomposição e ciclagem de nutrientes inclui: o processamento geofásico pelos enquitreídeos; estruturação do solo por meio de sua movimentação, criando microhabitats; predação da microfauna e de microrganismos, regulando a população de decompositores; e fragmentação dos detritos vegetais e animais e deposição de fezes, elevando a superfície específica e o ataque microbiano e facilitando a lixiviação dos compostos solúveis em água (CORREIA e ANDRADE, 2008).

A macrofauna do solo é constituída por um grupo diverso de organismos em características morfológicas e comportamentais, o qual inclui as minhocas, os térmitas, os diplópodes, as formigas, entre outros. Ela atua de diversas formas nos ciclos biogeoquímicos pela fragmentação dos detritos vegetais e incorporação no solo, promovendo uma disponibilidade de recursos para outros organismos da cadeia trófica; e mediação da transferência de solutos e particulados em profundidade dentro do perfil do solo, aspectos fundamentais à ciclagem de nutrientes (LAVELLE et al., 1997; BOTTINELLI et al., 2015). A macrofauna ainda atua como predadores de outros invertebrados (CORREIA e ANDRADE, 2008).

A fauna do solo também pode ser classificada em três categorias ecológicas: epigeicos, aneicos, endogeicos. Os epigeicos vivem e se alimentam da serapilheira. Estes incluem os artrópodes, saprófagos, pequenas minhocas pigmentadas e os predadores, ainda habitam as formigas e alguns coleópteros que participam da fragmentação e decomposição *in situ*. Os organismos aneicos se alimentam na serapilheira, mas constroem galerias e ninhos subterrâneos, a exemplo dos cupins e das minhocas, que transportam matéria orgânica da superfície para o subsolo. Já os organismos endogeicos vivem no solo e são responsáveis pela construção de galerias, ninhos e câmaras no solo (LAVELLE et al., 1997; ANTONIOLLI et al., 2006).

A fauna do solo media e auxilia processos nos ecossistemas, o que chamamos de funções ecológicas (ambientes naturais) e prestação de serviços ambientais (sistemas de cultivo), incluindo a estruturação do solo, manutenção da porosidade e agregação, dinâmica hídrica no solo, trocas gasosas, fragmentação e decomposição da matéria orgânica, proteção do carbono do solo e a ciclagem de nutrientes (LAVELLE et al., 2006; KORASAKI et al., 2013).

A abundância e diversidade dos organismos que compõem a teia alimentar decompositora determinam a velocidade e a magnitude de processos como a decomposição e liberação de nutrientes (CORREIA, 2002). Os recursos alimentares disponíveis e a sua variabilidade possibilitarão a colonização de grupos funcionais de organismos como a diversidade taxonômica desses grupos. A diversidade desses grupos com estratégias diferentes de sobrevivência, características intrínsecas (morfologia, características fisiológicas/comportamentais e locomoção) e as suas associações atuarão na desestruturação química e física de resíduos orgânicos, resultando nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, bem como nas modificações das propriedades físicas e químicas do solo (CORREIA e ANDRADE, 2008).

Os organismos que compõem a fauna do solo são capazes de criar estruturas biogênicas, como túneis, canais, câmaras, coprólitos e ninhos, apresentando importantes consequências na estrutura do solo, controlando a porosidade, a formação e estabilização de agregados no solo, modificando as propriedades físicas e químicas do solo, e consequentemente atuando na proteção do C do solo (BOTTINELLI et al., 2015).

Avaliando mudanças na estrutura visual do solo em cultivos de cana-de-açúcar e pastagens em regiões tropicais do Brasil, Franco et al. (2016) observaram correlação positiva entre a falta de estrutura do solo após o uso da terra e as reduções de organismos da macrofauna, principalmente de cupins. Estes autores concluíram que a qualidade estrutural do solo apresenta

boa correlação com a abundância e riqueza de organismos classificados como engenheiros do solo.

Compreende-se que o processo de decomposição é realizado por uma diversidade de vidas estruturadas (invertebrados e decompositores) em complexas redes alimentares, impulsionado pelas condições ambientais e pela disponibilidade e qualidade de C. Dessa forma, qualquer alteração nesta complexa rede promoverá mudanças na ciclagem de nutrientes, no ecossistema (HANDA et al., 2014). Portanto, uma interpretação errônea dos estudos associados à dinâmica do C subestima os fluxos C para o solo durante os estágios iniciais da decomposição da liteira; Cotrufo et al. (2015) destacam a importância de macro e microrganismos para a formação do C associada aos minerais e enfatizam a necessidade de que ambas as vias de decomposição sejam determinadas no campo e explicitamente representadas em futuros modelos biogeoquímicos.

A dinâmica da fauna do solo pode ser diferente nos agroecossistemas, devido às características edafoclimáticas, qualidade dos resíduos adicionados ao solo e às práticas de manejo adotadas (MOÇO et al., 2005; ALVES et al., 2008). Dessa forma, aliados às diversas funções que a fauna do solo desempenha, esses invertebrados devem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo nos agroecossistemas (LAVELLE et al., 2006; CONTRUFO et al., 2006).

A abundância e a diversidade da fauna do solo podem variar de acordo com o tipo e composição de resíduos orgânicos aplicados ao solo (MOÇO et al., 2005; ALVES et al., 2008). A maior densidade de alguns organismos está intimamente associada a solos sem muita interferência antrópica e com alto teor de matéria orgânica (TROGELLO et al., 2008). O tipo de sistema de manejo adotado também pode causar impacto na fauna do solo. Quando se refere ao sistema de preparo convencional, algumas práticas ligadas a esse sistema podem influenciar, de maneira drástica, a estabilidade da fauna do solo, pois modificam a estrutura do solo e reduzem a sua cobertura, intensificando o efeito da radiação solar direta no solo, alterando o microclima local. Além disso, deve-se considerar, ainda, a redução dos recursos alimentares, já que os resíduos quando incorporados são rapidamente decompostos (BARETTA et al., 2006).

Em condições semiáridas, estudos destacam que a mudança do uso da terra interfere na dinâmica da população da fauna edáfica; Nunes et al. (2006), avaliando o efeito da agricultura itinerante por meio de broca e queima da vegetação lenhosa, com subsequente plantio de milho e feijão, por até dois anos seguido de pousio por até cinco anos sobre a fauna edáfica, verificaram que o processo de desmatamento e queimadas para a introdução de culturas contribuiu para uma redução drástica nos indicadores microbiológicos e na diversidade da fauna

edáfica. Santos et al. (2018) observaram em um fragmento remanescente de Caatinga Arbórea de 25 ha, com característica de hipoxerórmismo, em processo de restauração, que a maior riqueza dos grupos taxonômicos está associada à ampla cobertura vegetal de Caatinga. Nesse contexto, também estudos vêm sendo conduzidos no sentido de identificar a composição biológica de organismos da fauna edáfica e epigeica em agroecossistemas e em áreas remanescentes da Caatinga (COSTA et al., 2016; SOUZA et al.; 2016) todavia, ainda são incipientes o conhecimento acerca da diversidade da fauna do solo em ambientes semiáridos, limitando o seu uso como indicador da qualidade dos agroecossistemas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 601-612, 2003.
- ANTONIOLLI, Z. I.; CONCEIÇÃO, P. C.; BÖCK, V.; PORT, O.; SILVA, D. M.; SILVA, R. F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, v.16, 407-417, 2006.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. REETZ, E. R. [et al.] Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015. 104 p.
- ALVES, M.V.; SANTOS, J.C.P.; GÓIS, D.T.; ALBERTON, J.V. & BARETTA, D. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no Oeste do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 589-598, 2008.
- ARAÚJO FILHO, J. A. Caracterização física do Semiárido Nordestino. In: **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Projeto Dom Helder Câmara, Recife, PE, 2013.
- ARAÚJO FILHO, J. C. et al. Solos da Caatinga. In: **Pedologia: Solos dos Biomas Brasileiros**. CURI, N. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017. p. 227-260.
- BAYER, C., MIELNICZUK, J., AMADO, T.J.C., MARTIN-NETO, L., FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 54, p. 101–109, 2000.
- BARETTA, D.; MAFRA, A.L.; SANTOS, J.C.P.; AMARANTE, C.V.T. & BERTOL, I. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v 41, p.1675-1679, 2006.
- BLANCO-MOURE, N.; GRACIA, R.; BIELSA, A. C.; LÓPEZ, M. V. Soil organic matter fractions as affected by tillage and soil texture under semiarid Mediterranean conditions. **Soil and Tillage Research**, v. 155, p. 381–389, 2016.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido brasileiro**. Brasília-DF, 2005.
- BRELAND, T. A. Measured and predicted mineralization of clover green manure at low temperatures at different depths in the soils. **Plant and Soil**. v.166, p.13-20, 1994.
- BOTTINELLI, N.; JOUQUET, P.; CAPOWIEZ, Y.; PODWOJEWSKI, P.; GRIMALD, I. M.; PENG, X. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? **Soil and Tillage Research**, v. 146, p. 118-124, 2015.
- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 777-783, 1992.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R. ; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciância do Solo**, v. 34, p. 277-289, 2010.

CONCEIÇÃO P. C; DIECKOW, J.; BAYER, C.; Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. **Soil and Tillage Research**, v. 129, p.40-47, 2013.

CORRÊA, R. M. Avaliação de atributos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado do vale do rio São Francisco. **Tese Doutorado**. Recife: UFRPE, 2007. 134p.

CORREIA, M. E. F. **Relações entre a diversidade da fauna do solo e processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. (Embrapa Agrobiologia, Documentos, 156).

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação da serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS et al [Eds]. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 137-158.

COSTA, R. M. C.; BORGES, C. H. A.; AMORIM, F. S.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C. Abundância de invertebrados do solo em mata ciliar no semiárido da Paraíba. **Gaia Scientia**, v.10, p. 424-431, 2016.

COTRUFO, M. F., SOONG, J. L., HORTON, A. J., CAMPBELL, E. E., HADDIX, M. L., WALL, D. H., e PARTON, W. J. Formation of soil organic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss. **Nature Geoscience**, v. 8, p. 8–13, 2015.

DIECKOW, J.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P. C.; ZANATTA, J. A.; MARTIN-NETO, L.; MILORI, D. B. M.; SALTON, J. C.; MACEDO, M. M.; MIELNICZUK, J.; HERNANI, L. C. Land use, tillage, texture and organic matter stock and composition in tropical and subtropical Brazilian soils. **Europe Journal Soil Science**, v. 60, p. 240–249, 2009.

FAO. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agri-culture Organization. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Rome, 2011.

FAO. Soils' potential to contribute to offset international aviation emissions. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Rome, 2017.

FENG, Z., WANG, X., FENG, Z. Soil N and Salinity leaching after the autumnirrigation and its impact on ground water in Hetao irrigation district China. **Agriculture Water Manage**, v.71, p. 131–143, 2005.

FRAGA, V. S.; SALCEDO, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid under subsistence farming. **Soil Scince Society of America Journal**, v. 68, 2015-224, 2004.

FRANCO, A. L. C.; CHERUBIN M. R.; CERRI, C. E. P.; GUIMARÃES, R. M. L.; CERRI, C. C. Relating the visual soil structure status and the abundance of soil engineering invertebrates across land use change. **Soil and Tillage Reserarch**. in Press, Corrected Proof, Available online, 2016.

FREITAS, M. S. C.; ARAÚJO, C. A. S.; SILVA, D. J. Decomposição e liberação de nutrientes de esterco em função da profundidade e do tempo de incorporação. **Revista Semiárid Visu.** v. 2, p. 150-161, 2012.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 425-434, 2002.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes em resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo vermelho-amarelo na Região Noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1421-1428, 2007.

GARCIA-FRANCO, N.; ALBALADEJO, J.; ALMAGRO, M.; MARTÍNEZ-MENA, M. Beneficial effects of reduced tillage and green manure on soil aggregation and stabilization of organic carbon in a Mediterranean agroecosystem, **Soil and Tillage Research**, v.153, p.66-75, 2015.

GHOMMEM, M.; HAJJ, M. R.; PURI, I. K. Influence of natural and anthropogenic carbon dioxide sequestration on global warming. **Ecological Modelling**, v. 235-236, p. 1–7, 2012.

GILLABEL, J.; DENEFF, K.; BRENNER, J.; MERCKX, R.; PAUSTIAN, K. Carbon sequestration and soil aggregation in center-pivot irrigated and dryland cultivated farming systems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 71, p. 1020–1028, 2007.

GIONGO, V.; GALVÃO, S. R.S.; MENDES, A. M. S.; GAVA, C. A. T.; CUNHA, T. J. F. Soil organic carbon in the brazilian semi-arids tropics. **Dynamic Soil, Dynamic Plant**, v. 5, p. 12-20, 2011.

GÓMEZ-MUÑOZ, B; HATCH, D. J.; BOL, R.; GARCÍA-RUIZ, R. Nutrient dynamics during decomposition of the residues from a sown legume or ruderal plant cover in an olive oil orchard. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 184, p. 115–123, 2014.

HANDA, I. T.; AERTS, R.; BERENDSE, F.; BERG, M. P.; BRUDER, A.; BUTENSCHOEN, O.; CHAUVET, E.; GESSNER, M. O.; JABIOL, J.; MAKKONEN, M.; MCKIE, B. G.; MALMQV, B.; PEETERS, E. T. H. M.; SCHEU, S.; SCHMID, B.; VAN RUIJ, J.; VOS, V. C. A.; HÄTTENSCHWILER, S. **Consequences of biodiversity loss for litter decomposition across biomes**. Institute of Evolutionary Biology and Environmental Studies e Zürich-Basel Plant Science Center, University of Zürich, Winterthurerstrasse, p.1-30, 2014.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Synthesis report**. In: CORE WRITING TEAM; PACHAURI R. K; MEYER, L, [eds.]. Fifth assessment report. Geneva, Switzerland, p. 1-151, 2014. <sup>[1]</sup><sub>SEP</sub>

JABRO, J. D; SAINJU, U.; STEVENS, W. B.; EVANS, R. G. Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. **Journal of Environmental Management**, v. 88, p. 1478–1484, 2008.



JENNY, H.; GESSEL, F. T.; BINGHAM, F. T. Comparative study of decomposition of organic matter in temperate and tropical regions. **Soil Science**, v. 68, p. 419-432, 1949.

KORASAKI, V.; MORAIS, J. W.; BRAGA, R. Macrofauna. IN: MOREIRA, F. M.S.; CARES, J. E.; ZANETRI, R [Eds.]. **O ecossistema do solo: componentes relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: UFLA, 2013. p. 121-137.

KWABIAH, A. B.; STOSKOPF, N. C.; VORONEY, R. P.; PALM C. A. Nitrogen and Phosphorus Release from Decomposing Leaves under Sub-Humid Tropical Conditions. **Biotropica the Journal Tropical Biology and conservation**, 2000.

LACERDA, M. A. D.; LACERDA, R. D. O cluster da fruticultura irrigada no polo Petrolina/Juazeiro. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 4, n. 1, 2004.

LAL, R. Sequestering carbon in soils of agro-ecosystems. **Food Policy**, v. 36, p. 33-39, 2011.

LAL, R. Societal value of soil carbon. **Journal of. Soil and Water Conservation**. v. 6, p. 186-92, 2014.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v. 304, p.1623–1627, 2004.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SPAIN, A.; TOUTAIN, F.; BAROIS I.; SCHAEFER R. A hierarchical model for decomposition in Terrestrial ecosystems - application to soils of the humid tropics. **Biotropica** v. 25, p. 130–150, 1993.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, p. 159-193, 1997.

LAVELLE, P; DECAËNS T.; AUBERT M.; BAROT S.; BLOUIN M.; BUREAU F.; MARGERIE P.; MORA P.; ROSSIC J.-P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 3-15, 2006.

LEHMANN, J.; KLEBER, M. The contentious nature of soil organic matter. **Nature**, v. 528, p. 60 -68, 2015.

LI, H.; YANG, X. Temperate dryland vegetation changes under a warming climate and strong human intervention — With a particular reference to the district Xilin Gol, Inner Mongolia, China. **Catena**, v. 119, p. 9–20, 2014.

LIU, H.; RODRÍGUEZ, G. Human activities and global warming: a cointegration analysis. **Environmental Modelling e Software**, v. 20, p. 761–773, 2005.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. de S. e ARAÚJO FILHO, J. A. de. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, v. 30, p.837-848, 2006.

MMA. **Plano de Ação para Prevenção e Controle ao Desmatamento na Caatinga** (versão preliminar). Departamento de Políticas para o Combate ao Desmatamento. 2010. Ministério do Meio Ambiente. Brasil.

MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 555-564, 2005.

MONTENEGRO, A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos no semiárido. In :GHEYI, H. R. et al. (Eds). **Recursos hídricos em regiões semiáridas**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, Ba: Universidade Federal do Recôncavo Baiano, 2012. p. 1- 27.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2006. p. 213-220.

NATH, A. J.; LAL, R. Effects of Tillage Practices and Land Use Management on Soil Aggregates and Soil Organic Carbon in the North Appalachian Region, USA. **Pedosphere**, v. 27, p. 172–176, 2017.

NOBRE, P. Mudanças climáticas e desertificação: os desafios para o Estado Brasileiro. In: LIMA, R. C. C.; CAVALCANTE, A. M. B.; MARIN, A. M. P. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA-PB, 2011.

NUNES, A. P, L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MENEZES, R. I. Q. Impacto da queimada e do pousio sobre a qualidade de um solo sob caatinga no Semiárido nordestino. **Revista Caatinga**, v.19, n.2, p.200-208, abril/junho 2006.

OLSON, J. S. Energy estorage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v.44, p. 322-331, 1963.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, p. 1308-1324, 2015.

PEREIRA, R. A. Semiárido brasileiro: um histórico de secas e degradação socioambiental. **Revista de História Regional**, v.17, p. 135-161, 2012.

POSTEL, S. L. Securing water for people, crops, and ecosystems: new mindsetand new priorities. **Natural resources forum**, v. 27, p. 89–98, 2003.

PRASAD, J. V. N. S.; SPINIVASA RAO, C. H.; SPINIVAS, K.; NAGA JYOTHI, C. H.; VENKATESWARLU, B.; RAMACHANDRAPPA, B. K.; DHANAPAL, G. N.; RAVICHANDRA, K.; MISHRAD, P. K. Effect of ten years of reduced tillage and recycling of organic matter on crop yields, soil organic carbon and its fractions in Alfisols of semi arid tropics of southern India. **Soil and Tillage Research**, v. 156, p. 131–139, 2016.

SACRAMENTO, J. A. A. S.; ARAÚJO, A. C. M.; ESCOBAR, M. E. O.; XAVIER, F. A. S.; CAVALCANTE, A. C. R.; OLIVEIRA, T. S. Soil carbon and nitrogen stocks in traditional

agricultural and agroforestry systems in the semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p.784-795, 2013.

SAINJU, U. M.; JABRO, J. D.; STEVENS, W. B. Soil carbon dioxide emission and carbon content as affected by irrigation, tillage, cropping system, and nitrogen fertilization. **Journal of Environmental Quality**, v. 37, p. 98–106, 2008.

SANCHES, P.A. **Properties and management of soils in the tropics**. John Wiley, New York. p. 162-183, 1976.

SANDERMAN, J.; AMUNDSON, R. Biogeochemistry of Decomposition and Detrital Processing. 2.ed. **Treatise on Geochemistry**, p.249-316, 2003.

SANTOS, G.; ARAUJO, K.; SILVA, F. Macrofauna edáfica na Estação Ecológica Curral do Meio, Caatinga Alagoana. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, n. 2, p. 01-21, 31 jul. 2018.

SANTOS, D. C.; FARIAS, M. O.; LIMA, C. L. R.; KUNDE, R. J. E.; PILLON, C. N.; FLORES, C. A. Fracionamento químico e físico da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Ciência Rural**, 2013.

SCOTT, N.A., COLE, C.V., ELLIOTT, E.T., HUFFMAN, S.A., 1996. Soil textural control on decomposition and soil organic matter dynamics. **Soil Science Society of America journal**, v. 60, p. 1102-1109, 1996.

SILVA, P. C. G. da. et al. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: Sá, I. B.; SILVA, P. C. G. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina Embrapa Semiárido, 2010. p. 18-48.

SILVA, R. I.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, 2007. p. 275-374.

SCHMIDT, M. W. I.; TORN, M. S.; ABIVEN, S.; DITTMAR, T.; UGGENBERGER, G.; JANSSENS, I. A.; KLEBER, M.; KÖGEL-KNABNER, I.; LEHMANN, J.; MANNING, D. A. C.; NANNIPIERI, P.; RASSE, D. P.; WEINER, S.; TRUMBORE, S. E. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. **Nature**, v. 478, p. 49-56, 2011.

SIX J.; GUGGENBERGER G.; PAUSTIAN K.; HAUMAIER L.; ELLIOTT E. T.; ZECH W. Sources and composition of soil organic matter fractions between and within soil aggregates. **Europa Journal Soil Science**, v. 52, p. 607-618, 2002.

SOLLINS P.; HOMANN P.; CALDWELL B. A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. **Geoderma**, v. 74, p. 65–105, 1996.

SOUTO, P.C.; SOUTO, J.S.; SANTOS, R.V.; TRINDADE, G.A.; SOUTO, L.S. Decomposição de esterco em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 125-130, 2005.

- SOUZA, I. F.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; RENIER, R. F.; SILVA, L. Á.; NOVAIS, R. F. Decomposition of eucalypt harvest residues as affected by management practices, climate and soil properties across southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 374, p. 186-194, 2016.
- SOUZA, J. T. A.; FARIAS, A. A.; FERREIRA, R. C. C.; OLIVEIRA, S. J. C.; CAVALCANTE, L. F.; FIGUEIREDO, L. F.; CORREIA, F. G. Macrofauna edáfica em três ambientes diferentes na região do Cariri Paraibano, Brasil. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 1, jan./mar., p. 94-99, 2016.
- TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J.; PEREIRA, J. M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-deporco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 497-505, 2010.
- TIVET, F.; SÁ, J.C.M.; RATTAN, L.; BORSZOWSKI, P.R.; BRIEDIS, C.; SANTOS, J.B.; SÁ, M.F.M.; HARTMAN, D.C.; EURICH, G.; FARIAS, A.; BOUZINAC, S.; SÉGUY, L. Soil organic carbon fraction losses upon continuous plow-based tillage and its restoration by diverse biomass-C inputs under no-till in sub-tropical and tropical regions of Brazil. **Geoderma**, v. 209, p. 214-225, 2013.
- THÖNNISSEN, C.; MIDMORE, D. J.; LADHA, J. K.; OLK, D. C.; SCHMIDHALTER, U. Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manures to tropical vegetable production systems. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 253-260, 2000.
- TROGELLO, E.; TROGELLO, A.G. & SILVEIRA, E.R. Avaliação da fauna do solo em diferentes sistemas de cultivo, milho orgânico e milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 6, p. 25-26, 2008.
- XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, J. I. A.; SILVA, M. R. Decomposition and Nutrient Release dynamics of shoot phytomass of cover crops in the Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.41, p. 1-14, 2017.
- VAIERETTI, M. V.; HARGUINDEGUY, N. P.; GURVICH, D. E.; CINGOLANI, A. M.; CABIDO M. Decomposition dynamics and physico-chemical leaf quality of abundant species in a montane woodland in central Argentina. *Plant and Soil*, v. 278, p. 223-234, 2005.
- VASCONCELOS, M. C. C. A. Salinização do solo em áreas irrigadas: Aspectos físicos e químicos. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 10, p. 20-25, 2014.
- WIDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecological Society of America**, v.63, p. 1636-1642, 1982.
- ZHAO, L.; SUN, Y.; ZHANG, X.; YANG, X.; DRURY, C. F. Soil organic carbon in clay and silt sized particles in Chineseollisols: Relationship to the predicted capacity. **Geoderma**, v. 132 p. 315–323, 2006.
- ZHAO, Q.; ZENG, DE-HUI; FAN, ZHI-PING; YU, Z.; HU, YA-LIN; ZHANG J. Seasonal variations in phosphorus fractions in semiarid sandy soils under different vegetation types. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p.1376–1382, 2009.

ZIBILSKE, L. M.; MATERON, L. A. Biochemical properties of decomposing and corn stem and root residues. **Soil Science Society of America Journal**, v.69, p. 378-386, 2005.

ZOTARELLI L.; ZATORRE, N. P; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P; FRANCHINI J. C; ALVES B. J. R.; Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. **Field Crops Research**, v .132, p. 185-195, 2012.

## **CAPÍTULO I**

### **DIVERSIDADE DA FAUNA EPIGEICA EM AGROECOSSISTEMA DE MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO**

FREITAS, M. S. C. Universidade Federal da Paraíba: fevereiro de 2018. **Diversidade da fauna epigeica em agroecossistema de mangueira no Semiárido.**

## RESUMO

A fauna epigeica do solo está envolvida em funções essenciais do ecossistema e, portanto, considerada como bioindicadora da qualidade e sustentabilidade de agroecossistemas. Contudo, sua ocorrência e diversidade entre os sistemas agrícolas de produção ainda é pouco estudada e compreendida. Este trabalho teve como objetivo avaliar se o preparo do solo e o tipo de misturas de plantas, cultivadas na entrelinha de um agroecossistema de mangueira, interferem na diversidade da fauna epigeica. O experimento foi realizado no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, com arranjo em parcelas subsubdivididas. As parcelas foram constituídas de dois sistemas de preparo do solo, sem revolvimento (SR) e com revolvimento (CR); as subparcelas por três misturas de plantas, MP1-75% leguminosas+25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas+75% gramíneas e oleaginosas e VE-vegetação espontânea; e as subsubparcelas com os tempos de amostragem 8, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 e 315 dias após o manejo das misturas de plantas. Adicionalmente foi utilizada como referência uma área de caatinga preservada sob o mesmo tipo de solo. As coletas da fauna epigeica foram realizadas em armadilhas do tipo Provid após o corte das misturas de plantas. Determinou-se a frequência (FR) dos grupos encontrados, a abundância e os índices de diversidade de Shannon e Pielou. Os grupos Collembola, Formicidae e Acari foram os mais frequentes em todos os sistemas de manejo adotados na entrelinha da mangueira. O sistema de preparo do solo com revolvimento tem efeito negativo sobre a diversidade da fauna epigeica, proporcionando os menores valores de abundância, riqueza e índices de Shannon e de equabilidade de Pielou. As misturas de plantas MP1 (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas) e MP2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas) proporcionaram maior riqueza à comunidade da fauna epigeica e maiores índices de diversidade de Shannon em comparação à vegetação espontânea.

Palavras-chave: Coquetel vegetal, preparo do solo, Arthropoda, Collembola, diversidade faunística.

FREITAS, M. S. C. Universidade Federal da Paraíba: fevereiro de 2018. **Diversity of the epigeic fauna in mango crop agroecosystem of the semi-arid region.**

### ABSTRACT

The epigeic fauna of the soil is involved in essential functions of the ecosystem and, therefore, considered as a bioindicator of the quality and sustainability of agroecosystems. However, its occurrence and diversity among agricultural production systems are still poorly studied and understood. The aim of this study was to evaluate if the soil tillage and type of plant mixtures, cultivated in the inter-row of a mango crop agroecosystem, interfere with the diversity of the epigeic fauna. The experiment was carried out in a randomized block design, with four replications, in sub-subplots. The plots were composed of two soil tillage systems, with no-tillage (NT) and tillage (T); subplots for three plant mixtures, PM-75% legumes + 25% grasses and oilseeds, PM2-25% legumes + 75% grasses and oilseeds, and SV - spontaneous vegetation; and the sub-subplots with sampling times of 8, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 and 315 days after the plant mixtures management. In addition, a preserved Caatinga area under the same soil type was used as a reference. Epigeic fauna collections were carried out in Provid type traps after cutting of the plant mixture. The frequency (FR) of the found groups, the abundance and the diversity indexes of Shannon and Pielou were determined. The Collembola, Formicidae and Acari groups were the most frequent in all management systems adopted in the mango crop inter-row. The soil tillage system has a negative effect on the diversity of the epigeic fauna, providing the lowest values of abundance, richness, and Shannon indexes and Pielou equability. Plant mixture PM1 (75% legumes + 25% grasses and oilseeds) and PM2 (25% legumes + 75% grasses and oilseeds) provided greater richness to the epigeal fauna community and higher Shannon diversity indexes compared to spontaneous vegetation.

Keywords: plant cocktail, soil preparation, Arthropoda, Collembola, faunistic diversity



## 1 INTRODUÇÃO

A fauna do solo refere-se à comunidade de invertebrados que vive no solo, incluindo, a macro, meso e microfauna epigeica, que habitam a interface solo-serapilheira e a edáfica que vivem permanentemente, ou que passam alguns de seus ciclos de vida no interior do solo (MOÇO et al., 2005; CORREIA e OLIVEIRA, 2000). Esses organismos prestam serviços ecossistêmicos, atuando no processo de fragmentação e decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, formação de estrutura do solo e controle de pragas e doenças (LAVELLE et al., 1997).

Os organismos da fauna do solo apresentam-se bastante sensíveis às alterações do ambiente, uma vez que a serapilheira e o solo são seus habitats, fonte de todos os recursos de que necessitam (LAVELLE et al., 2006). O aumento das pressões antrópicas sobre os remanescentes florestais pelo avanço das fronteiras agrícolas e urbanas tem promovido a destruição, fragmentação, ou distúrbios do habitat, e diminuído a oferta de alimentos para um grande número de organismos da fauna do solo, isso contribui para uma menor diversidade e para o desequilíbrio populacional no ecossistema. Dessa forma, aumentar a conservação e a biodiversidade nos mais diversos sistemas agrícolas, em diferentes partes do mundo, têm sido considerado desafio sem precedentes para a sustentabilidade da agricultura e dos recursos naturais (PAUL et al., 2015).

As práticas de manejo, envolvendo perturbações mínimas, cobertura orgânica do solo e diversificação de culturas são amplamente difundidas como importantes para o aumento da diversidade da fauna do solo, que, por sua vez, irá melhorar a sua qualidade (SILESHI et al., 2008; ALMEIDA et al., 2016; BRITO et al., 2016). A qualidade do solo está relacionada à atividade da fauna do solo devido aos processos mediados pela mesma, tais como estruturação do solo, fragmentação e decomposição da matéria orgânica, mobilização e disponibilidade de nutrientes do solo, estabilização do C em bioestruturas, entre outros (CORREIA e ANDRADE, 2008; ROUSSEAU et al., 2013; MERRILL et al., 2013, BOTTINELI et al., 2015). Entretanto, esses impactos potenciais variam em função das condições edafoclimáticas específicas, não havendo informações suficientes para apoiar a compreensão preditiva de quais práticas de manejo conservacionistas resultam em melhor entrega de serviços ecossistêmicos nos mais variados ambientes (PALM et al., 2014)

Em áreas irrigadas do Semiárido brasileiro, a adoção da adubação verde, por meio do uso de diferentes misturas de plantas (coquetéis vegetais), na entrelinha de pomares de fruteiras irrigadas, tem sido apontada como alternativa para adição de maior quantidade de resíduos orgânicos ao solo de características químicas distintas, equilibrando as taxas de decomposição

e mineralização (GIONGO et al., 2011). Além disso, a utilização dos coquetéis vegetais tem sido associada a maior proteção e disponibilidade de nutrientes ao solo, o que pode resultar em aumento da diversidade da fauna epigeica e edáfica, melhorando assim o biofuncionamento e a qualidade do agroecossistema.

Portanto, o impacto de sistemas conservacionistas de manejo, tais como o uso de coquetéis vegetais sobre a fauna epigeica é importante para o entendimento da ciclagem e da disponibilidade de nutrientes nos agroecossistemas de produção em condições semiáridas e para melhor compreender a qualidade do sistema de produção.

O objetivo desse trabalho foi avaliar se o preparo do solo e o tipo de misturas de plantas, cultivadas na entrelinha de um agroecossistema de mangueira, interferem na diversidade da fauna epigeica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local do estudo

O estudo foi conduzido no campo experimental da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE (09°09'S, 40°22'W, altitude 366 m), em um experimento de longa duração com mangueira (*Mangifera indica* L. 'Kent'). O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico plântico (Embrapa, 2013), textura média/argilosa, de relevo plano. O clima da região é do tipo BSw'h' (Köppen), semiárido, com precipitação média anual de 567 mm e temperatura do ar média anual variando entre 24,2°C e 28,2°C.

A área com vegetação nativa tipo caatinga hiperxerófila, foi convertida em sistema agrícola em 1972 e cultivada durante 16 anos com as culturas anuais do milho (*Zea mays* L.), feijão (*Vigna unguiculata* L.) e melancia (*Citrullus lanatus* L.); seguida por cultivo de tâmara (*Phoenix dactylifera* L.) durante 20 anos, em sistema convencional de plantio. A cultura da manga foi implantada em 2008 e, em dezembro de 2009, deu-se início ao cultivo de diferentes misturas de plantas (coquetéis vegetais) utilizadas como adubos verdes, sendo realizado o semeio por seis anos consecutivos (2009/2010; 2010/2011; 2012; 2013; 2014; e 2015).

### 2.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em arranjo de parcelas subsubdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de dois preparos do solo, sem revolvimento (SR) e com revolvimento (CR); as subparcelas por três misturas de plantas (MP) (coquetéis vegetais), sendo MP1 - 75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2 - 25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas e VE - vegetação espontânea; e as subsubparcelas os tempos de amostragem, 8, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 e 315 dias após o corte das MP. Cada subparcela foi constituída por três linhas com três árvores de mangueira, totalizando vinte sete árvores por parcela. O espaçamento entrelinhas foi 8 m e o espaçamento entre árvores na linha foi 5 m (subparcela de 24 m × 15 m = 360 m<sup>2</sup>). A área da subparcela ocupada pelo cultivo das misturas de plantas de cobertura foi 6 m de cada uma das três entrelinhas (ficou uma borda livre de 1 m entre a área de cultivo das misturas e as linhas de árvores), e com um comprimento de 15 m totalizou 270 m<sup>2</sup>.

A MP1 e a MP2 foram constituídas de quatorze espécies, que incluíam oleaginosas, gramíneas e leguminosas; porém, em diferentes proporções entre as misturas, conforme detalhado na Tabela 1. A vegetação espontânea era composta principalmente por *Desmodium tortuosum* (Sw.) DC., *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb., *Digitaria bicornis* (Lam.) Roem.

Schult., *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd., *Commelina diffusa* Burm. f., *Acanthospermum hispidum* DC., *Euphorbia chamaeclada* Ule, *Waltheria rotundifolia* Schrank, *Waltheria* sp. L., *Tridax procumbens* L., *Ipomoea mauritiana* Jacq., *Ipomoea bahiensis* Willd. Ex roem. Schult. e *Amaranthus deflexus* L.

**Tabela 1** Proporção de semente usada na composição de duas misturas de plantas de cobertura do solo na entrelinha de mangueira: MP1 (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas) e MP2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas). Petrolina-PE.

Espécie de planta de cobertura		MP1	MP2
		----- kg ha <sup>-1</sup> -----	
	Oleaginosas		
<i>Helianthus annuus</i> L. (Girassol)		3,1	9,3
<i>Ricinus communis</i> L. (Mamona)		30,0	90,0
<i>Sesamum indicum</i> L. (Gergelim)		1,0	3,0
	Gramíneas		
<i>Zea mays</i> L. (Milho)		15,0	45,0
<i>Pennisetum americanum</i> (L.) Leeke (Milheto)		1,0	3,0
<i>Sorghum vulgare</i> Pers. (Sorgo)		2,5	7,5
	Leguminosas		
<i>Crotalaria Spectabilis</i> Roth		5,2	1,7
<i>Crotalaria juncea</i> L.		13,5	4,5
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. (Feijão de porco)		187,5	62,5
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv. (Calopogônio)		3,7	1,2
<i>Stizolobium aterrimum</i> Piper & Tracy. (Mucuna Preta)		101,2	33,7
<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp. (Feijão guandu)		12,7	4,2
<i>Dolichos lablab</i> L. (Lab-lab)		60,0	20,0
<i>Mucuna cochinchinensis</i> (Lour.) A. Chev. (Mucuna Cinza)		101,2	33,7

No sistema SR, as plantas de cobertura foram manejadas com roçadeira manual, na floração plena da maioria das espécies, cerca de 70 dias após a semeadura. O corte das plantas foi a 5 cm acima da superfície do solo e a fitomassa da parte aérea depositada sobre o solo, nas entrelinhas de mangueira. No sistema CR, a fitomassa foi incorporada com arado de disco a 20 cm de profundidade, seguido por uma gradagem superficial, com grade leve de disco aberto.

Desde o início do experimento, seis ciclos de cultivo de plantas de cobertura foram realizados: 2009/2010, 2010/2011, 2012, 2013, 2014 e 2015. O presente estudo foi conduzido no sexto ciclo, sendo as plantas de cobertura em MP1 e MP2 semeadas manualmente nos dias 23 e 24 de fevereiro de 2015, em sulcos de aproximadamente 5 cm de profundidade, espaçados a 50 cm, totalizando 36 linhas de cultivo por subparcela. Alguns atributos químicos do solo antes da semeadura das plantas de cobertura deste ciclo são apresentados na Tabela 2.

A irrigação foi por gotejamento, com emissores espaçados em 50 cm e com vazão média de 1,6 L h<sup>-1</sup>, distribuídos nas entrelinhas de cultivo. As irrigações foram realizadas com base na evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), calculada pelo método de Penman-Monteith, a partir de dados diários coletados em uma estação meteorológica instalada próxima ao local do

experimento. O coeficiente de cultivo para determinação da evapotranspiração da cultura (ETc) foi o proposto por Doorenbos e Pruitt (1977). Da semeadura até o corte das plantas de cobertura, realizou-se irrigação apenas na entrelinha de cultivo. Após o manejo das plantas de cobertura, a irrigação foi totalmente suspensa com objetivo de proporcionar o estresse hídrico necessário para paralização do crescimento vegetativo das mangueiras, sendo reestabelecida em setembro, após o florescimento de 50% do pomar.

**Tabela 2 Atributos químicos do solo na entrelinha de mangueira cultivada com três misturas de plantas de cobertura (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) sob dois sistemas de preparo (SR-sem revolvimento, CR-com Revolvimento). Petrolina-PE.**

Tratamento	CE	pH (H <sub>2</sub> O)	P	K	Ca	Na	Mg	Al	(H+Al)	SB	CTC
	dS m <sup>-1</sup>	-----	mg dm <sup>-3</sup>	-----	-----	-----	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	-----	-----	-----
0 -5 cm											
MP-SR	0,36	7,08	48,94	0,40	2,88	0,07	1,23	-	0,75	4,55	5,30
MP2-SR	0,35	7,10	35,57	0,57	2,88	0,10	1,25	-	0,65	4,80	5,45
VE-SR	0,50	7,10	37,68	0,44	3,10	0,06	1,25	-	1,15	4,88	6,03
MP1-CR	0,45	6,78	33,71	0,30	2,70	0,08	1,18	-	0,80	4,28	5,05
MP2-CR	0,34	6,88	42,52	0,42	2,40	0,08	1,20	-	0,63	4,10	4,73
VE-CR	0,38	6,75	40,58	0,36	2,23	0,06	1,08	-	0,73	3,75	4,43
5-10 cm											
MP1-SR	0,35	6,60	28,72	0,64	1,65	0,06	0,80	-	1,13	3,15	4,30
MP2-SR	0,29	6,80	33,73	0,48	1,70	0,06	0,78	-	1,00	3,03	4,00
VE-SR	0,27	6,93	30,87	0,45	1,98	0,06	0,78	-	1,30	3,25	4,53
MP1-CR	0,36	7,08	42,20	0,49	2,48	0,08	1,15	-	0,80	4,23	5,00
MP2-CR	0,37	7,13	39,50	0,46	2,00	0,08	1,08	-	0,93	3,60	4,55
VE-CR	0,33	7,08	40,43	0,37	2,05	0,07	1,08	-	0,95	3,58	4,53
10 -20 cm											
MP1-SR	0,44	6,05	27,07	0,46	1,20	0,06	0,60	-	1,88	2,30	4,20
MP2-SR	0,24	6,28	28,76	0,41	1,35	0,05	0,70	-	1,88	2,53	4,40
VE-SR	0,28	6,53	23,17	0,38	1,33	0,05	0,68	-	1,45	2,45	3,88
MP1-CR	0,30	6,63	30,31	0,45	1,65	0,07	0,90	-	1,25	3,05	4,33
MP2-CR	0,31	6,65	27,24	0,37	1,43	0,07	0,68	-	1,33	2,55	3,88
VE-CR	0,28	6,90	31,96	0,35	1,63	0,06	0,80	-	0,83	2,83	3,65
20-40 cm											
MP1-SR	0,30	5,63	27,27	0,36	2,05	0,06	0,83	0,03	2,40	3,30	5,70
MP2-SR	0,33	5,63	21,84	0,34	1,50	0,05	0,80	0,03	2,80	2,68	5,50
VE-SR	0,34	5,88	14,52	0,38	1,55	0,06	0,65	0,01	2,15	2,65	4,80
MP1-CR	0,32	6,00	17,43	0,30	1,45	0,06	0,73	-	2,08	2,53	4,60
MP2-CR	0,30	6,28	26,95	0,34	1,73	0,06	0,85	-	1,65	2,95	4,60
VE-CR	0,17	6,28	18,00	0,31	1,53	0,07	0,75	-	1,80	2,65	4,45

## 2.3 Avaliações

O levantamento da fauna epigeica foi realizado ao longo de 315 dias (de <28 de maio de 2015> a <sete de abril de 2016>), após o manejo das plantas de cobertura, em 13 tempos de avaliação (8, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 e 315 dias após o manejo). A fauna invertebrada epigeica foi coletada em armadilhas de queda, do tipo Provid, (ANTONIOLLI et al., 2006), confeccionadas com garrafa tipo pet de 2,0 L, que continham

solução de detergente neutro (15%) e quatro aberturas com dimensões 2 cm x 2 cm que eram deixadas ao nível do solo na ocasião das coletas. Em cada período de avaliação, as armadilhas permaneciam no campo por 96 horas; em seguida, eram recolhidas e levadas para o Laboratório de Produção Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina-PE.

Nos mesmos períodos de avaliações, coletou-se a fauna epigeica na área sob caatinga. As amostras foram coletadas em quatro locais, distanciados de 25 m, cada, ao longo de um transecto determinado ao acaso em uma área de 4 ha.

As amostras coletadas foram filtradas em TNT de trama fina (80 g m<sup>2</sup>). Os organismos capturados na filtragem foram colocados em recipientes plásticos com tampa, contendo solução de álcool etílico a 70%. A identificação dos organismos, de acordo com suas classes, ordens ou família, e a contagem foram realizadas sob estereomicroscópio, utilizando chaves dicotômicas (TRIPLEHORN e JOHNSON, 2015).

Em cada tempo de avaliação, foram retiradas amostras de solo em cada subparcela para acompanhamento da umidade do solo, utilizando-se trado tipo sonda, nas profundidades de 0-5 cm. Durante o período de avaliação, além da umidade do solo, também foi medida a precipitação pluviométrica e a temperatura do ar em estação meteorológica próxima do experimento (Figura 1).

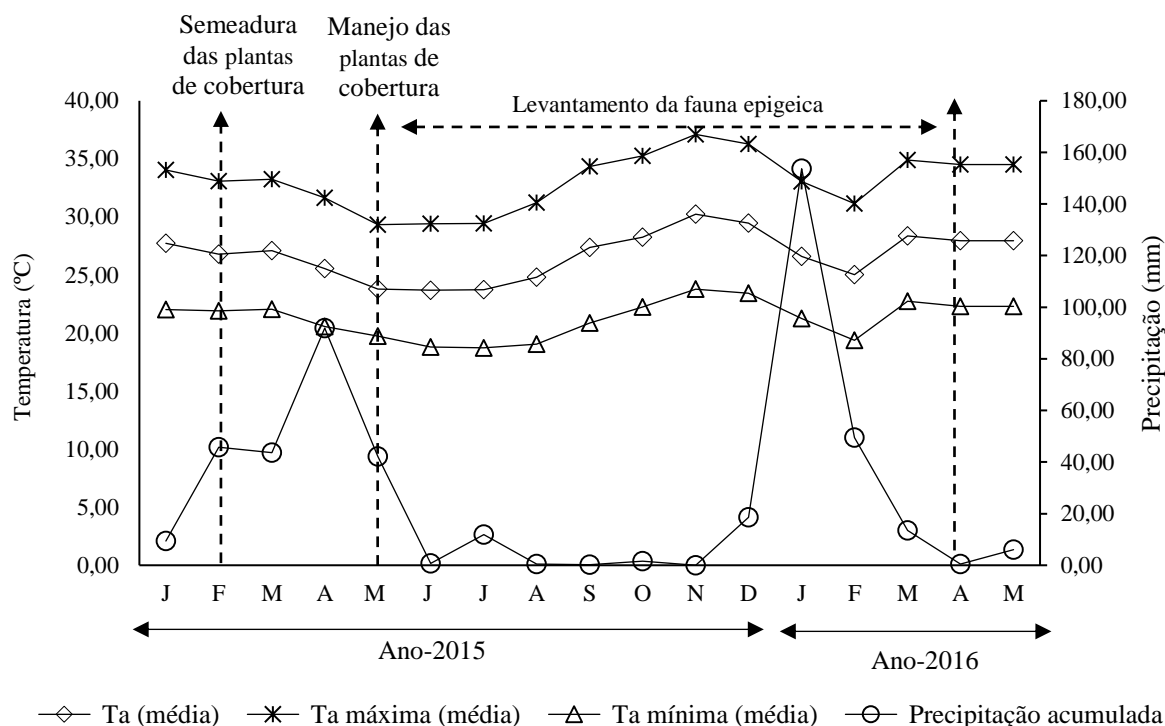
Com base na classificação da fauna epigeica, foi calculada a frequência relativa total (FR) de cada táxon registrado durante o período estudado. A avaliação do comportamento ecológico da fauna foi obtida pelos seguintes critérios: número de indivíduos por armadilha (abundância); riqueza (S), que foi representada nesta pesquisa pela quantidade de grupo taxonômico de ordem ou família; e os índices de diversidade de Shannon-Winner (H) e de equabilidade de Pielou (e) (ODUM, 1983; COLINVAUX, 1996), obtidos pelas equações 1 e 2, respectivamente:

$$H = - \sum (p_i \times \log p_i), \quad \text{Eq. (1)}$$

onde, H corresponde ao índice de diversidade de Shannon-Winner e  $p_i$  é a proporção da espécie, em relação ao número total de espécies encontradas nas avaliações realizadas.

$$e = H / \log S, \quad \text{Eq. (2)}$$

em que e corresponde ao índice de Pielou, H é o índice de diversidade de Shannon e S é a riqueza de grupo.



**Figura 1** Temperatura média do ar (mínima, média e máxima) e precipitação pluviométrica acumulada mensais durante o período de crescimento e após o manejo das plantas de cobertura (fevereiro de 2015 a abril de 2016). Dados da Estação Agrometeorológica da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE

## 2. 4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Os fatores preparo do solo e mistura de plantas, que apresentaram F significativo, tiveram suas médias comparadas pelos testes F ( $p < 0,05$ ) e de Tukey ( $p < 0,05$ ), respectivamente. Os valores das variáveis que apresentaram efeito do fator tempo e de suas respectivas interações foram apresentados por meio da média, com seus respectivos erros padrões, devido à falta de ajuste de equação para os valores obtidos. Os dados obtidos para a área de referência (caatinga), não foram submetidos à análise de variância por não comporem o delineamento estatístico, sendo as médias as apresentadas com seus respectivos erros padrões da média. As análises foram realizadas no Software SAS University (CODY, 2015).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Frequência relativa da fauna epigeica

Em geral, os sistemas de manejos adotados na entrelinha do agroecossistema da manga foram semelhantes quanto à frequência relativa (FR) dos principais grupos da fauna epigeica. Dos 19 grupos descritos, ao longo do intervalo experimental, houve maior FR do grupo Collembola, seguido do Formicidae, Acari, Coleoptera, que representaram mais de 90% da FR total, sendo os Collembola levemente mais frequentes no preparo com revolvimento do solo (Tabela 3). Na área de Caatinga o grupo de maior FR foi o Formicidae, seguido do Collembola, Acari e Diptera, com valores de FR de 34,52%, 29,78%, 15,82 e 12,41%, respectivamente, sendo distribuídos de forma mais uniforme do que no agroecossistema da manga (Tabela 3).

**Tabela 3** Frequência relativa dos grupos taxonômicos da fauna epigeica encontrada na entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo do solo (SR- sem revolvimento; CR-com revolvimento) e após o manejo de três misturas de plantas de cobertura na entrelinha de mangueira (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea. Petrolina-PE.

Grupo	SR			CR			Caatinga°
	MP1	MP2	VE	MP1	MP2	VE	
Frequência relativa de organismos Arthropoda (%)							
Arachnida							
Araneae	1,65 <sup>(0,18)</sup>	1,57 <sup>(0,16)</sup>	1,40 <sup>(0,15)</sup>	1,17 <sup>(0,19)</sup>	1,44 <sup>(0,19)</sup>	1,25 <sup>(0,16)</sup>	4,15 <sup>(1,01)</sup>
Acari	11,93 <sup>(1,83)</sup>	12,07 <sup>(2,40)</sup>	11,54 <sup>(1,54)</sup>	8,24 <sup>(0,82)</sup>	7,77 <sup>(0,77)</sup>	13,50 <sup>(0,88)</sup>	15,82 <sup>(4,97)</sup>
Pseudoscorpionida	0,20 <sup>(0,04)</sup>	0,32 <sup>(0,01)</sup>	0,30 <sup>(0,07)</sup>	0,15 <sup>(0,05)</sup>	0,15 <sup>(0,02)</sup>	0,14 <sup>(0,04)</sup>	0,34 <sup>(0,27)</sup>
Scorpionida	0,03 <sup>(0,01)</sup>	0,02 <sup>(0,01)</sup>	0,01 <sup>(0,01)</sup>	0,01 <sup>(0,01)</sup>	0,03 <sup>(0,02)</sup>	0,02 <sup>(0,01)</sup>	0,11 <sup>(0,08)</sup>
Insecta							
Coleoptera	6,69 <sup>(1,06)</sup>	5,66 <sup>(0,98)</sup>	3,49 <sup>(1,09)</sup>	2,74 <sup>(0,51)</sup>	3,05 <sup>(0,39)</sup>	2,54 <sup>(0,07)</sup>	1,49 <sup>(0,26)</sup>
Diptera	3,03 <sup>(0,75)</sup>	2,80 <sup>(0,58)</sup>	2,51 <sup>(0,23)</sup>	2,98 <sup>(0,76)</sup>	3,03 <sup>(0,40)</sup>	2,48 <sup>(0,45)</sup>	12,41 <sup>(2,81)</sup>
Formicidae	21,97 <sup>(4,85)</sup>	19,51 <sup>(2,54)</sup>	24,51 <sup>(3,54)</sup>	22,04 <sup>(2,41)</sup>	23,65 <sup>(4,18)</sup>	20,29 <sup>(2,14)</sup>	34,52 <sup>(5,67)</sup>
Orthoptera	0,75 <sup>(0,08)</sup>	0,63 <sup>(0,07)</sup>	0,32 <sup>(0,08)</sup>	0,84 <sup>(0,23)</sup>	0,86 <sup>(0,16)</sup>	0,67 <sup>(0,11)</sup>	0,70 <sup>(0,32)</sup>
Hymenoptera <sup>(1)</sup>	0,25 <sup>(0,02)</sup>	0,45 <sup>(0,09)</sup>	0,16 <sup>(0,05)</sup>	1,08 <sup>(0,19)</sup>	0,95 <sup>(0,14)</sup>	0,75 <sup>(0,45)</sup>	0,00 <sup>(0,00)</sup>
Hemiptera	0,36 <sup>(0,08)</sup>	0,15 <sup>(0,03)</sup>	0,20 <sup>(0,10)</sup>	0,75 <sup>(0,15)</sup>	0,91 <sup>(0,46)</sup>	0,18 <sup>(0,6)</sup>	0,12 <sup>(0,05)</sup>
Lepidoptera	0,06 <sup>(0,02)</sup>	0,03 <sup>(0,03)</sup>	0,02 <sup>(0,01)</sup>	0,03 <sup>(0,02)</sup>	0,01 <sup>(0,01)</sup>	0,03 <sup>(0,02)</sup>	0,00 <sup>(0,00)</sup>
Blataria	0,19 <sup>(0,04)</sup>	0,12 <sup>(0,02)</sup>	0,16 <sup>(0,07)</sup>	0,02 <sup>(0,02)</sup>	0,07 <sup>(0,01)</sup>	0,01 <sup>(0,01)</sup>	0,04 <sup>(0,04)</sup>
Isoptera	0,10 <sup>(0,09)</sup>	0,00 <sup>(0,00)</sup>	0,00 <sup>(0,00)</sup>	0,01 <sup>(0,01)</sup>	0,00 <sup>(0,00)</sup>	0,00 <sup>(0,00)</sup>	0,37 <sup>(0,20)</sup>
Psocoptera	0,02 <sup>(0,01)</sup>	0,01 <sup>(0,01)</sup>	0,23 <sup>(0,12)</sup>	0,03 <sup>(0,01)</sup>	0,01 <sup>(0,01)</sup>	0,02 <sup>(0,01)</sup>	0,02 <sup>(0,01)</sup>
Collembola	52,08 <sup>(4,96)</sup>	55,98 <sup>(2,50)</sup>	54,68 <sup>(3,72)</sup>	59,56 <sup>(3,72)</sup>	57,71 <sup>(3,85)</sup>	57,72 <sup>(2,71)</sup>	29,78 <sup>(4,55)</sup>
Thysanoptera	0,09 <sup>(0,01)</sup>	0,02 <sup>(0,01)</sup>	0,05 <sup>(0,02)</sup>	0,08 <sup>(0,02)</sup>	0,13 <sup>(0,02)</sup>	0,04 <sup>(0,02)</sup>	0,09 <sup>(0,06)</sup>
Crustacea							
Isopoda	0,19 <sup>(0,07)</sup>	0,16 <sup>(0,06)</sup>	0,08 <sup>(0,02)</sup>	0,05 <sup>(0,04)</sup>	0,06 <sup>(0,06)</sup>	0,03 <sup>(0,01)</sup>	0 <sup>(0,00)</sup>
Myriapoda							
Chilopoda	0,02 <sup>(0,01)</sup>	0,03 <sup>(0,01)</sup>	0,00 <sup>(0,00)</sup>	0,01 <sup>(0,01)</sup>	0,02 <sup>(0,01)</sup>	0,02 <sup>(0,02)</sup>	0,00 <sup>(0,00)</sup>
Diplopoda	0,38 <sup>(0,23)</sup>	0,45 <sup>(0,15)</sup>	0,34 <sup>(0,09)</sup>	0,21 <sup>(0,08)</sup>	0,14 <sup>(0,03)</sup>	0,32 <sup>(0,14)</sup>	0,04 <sup>(0,02)</sup>

(1) Exceto Formicidae; <sup>o</sup> Valores de frequência relativa dos grupos encontrados na área de caatinga utilizada como referência. Valores entre parênteses representam o erro padrão da média.

Os colêmbolos estão entre os artrópodes mais abundantes do solo juntamente com os ácaros e se alimentam principalmente de fungos, podendo também consumir bactérias, detritos



vegetais e animais (BEHAN-PELLETIER, 2003; COLEMAN et al., 2004). Assim, esses organismos exercem papel relevante como catalizadores na ciclagem de nutrientes, por se alimentarem de fungos, provavelmente atuam como controladores da biomassa fungífera do solo durante o processo de decomposição, sendo fundamentais no enriquecimento do solo para sustentação de florestas e da agricultura (GATIBONI et al., 2009; ZEPPELINI, 2012). Além disso, servem de presa para diversos animais, especialmente, insetos e aracnídeos no estágio inicial de desenvolvimento, aumentando a biodiversidade do ecossistema (ZEPPELINI, 2012).

A maior FR do grupo Collembola no agroecossistema da manga em relação à área de caatinga deve-se, provavelmente, ao favorecimento da oferta de alimentos promovida pelo aumento da serapilheira pelas diferentes misturas de plantas. Nunes et al. (2012) destacaram que as condições de umidade e o tipo de resíduo vegetal contribuem para a predominância deste ou daquele grupo. Esses autores observaram que, no período úmido, os grupos Formicidae e Coleoptera ocorreram com maior expressão, mas também outros grupos, como Araneae, Diptera e larvas de Coleoptera foram representativos, conforme o sistema de manejo. Entretanto, no período seco alguns grupos predominaram, como foi o caso do grupo Formicidae (73,00%) no sistema com capim-andropogon e do grupo Collembola (79,00%) no sistema com leucena, contribuindo assim para a diminuição da uniformidade.

Em área de estudo de mandioca consorciada com diferentes espécies de coberturas utilizadas como adubos verdes, Brito et al. (2016) também observaram predominância do grupo Collembola com FR desses organismos, variando entre 48,00% e 58,20%, valores semelhantes aos registrados nesse estudo (Tabela 3). Estudos indicam que a presença de resíduos orgânicos no solo promove a proliferação de Collembola, devido às condições favoráveis de microhabitat (BARDGETT et al., 1993; BRENNAN et al., 2006; BRITO et al., 2016).

A maior FR do grupo Collembola, quando as misturas de plantas foram incorporadas ao solo, pode estar relacionada com a evolução do processo de decomposição, que possivelmente propiciou a colonização fúngica do sistema, favorecendo o aumento da população de colêmbolos. Além disso, a diminuição dos resíduos orgânicos pode ter reduzido a ocorrência de predadores, que também pode ter colaborado para o aumento da FR dos colêmbolos. Isso foi relatado por Gatiboni et al. (2009) que, ao avaliarem a abundância de organismos da fauna do solo durante o processo de decomposição de aveia preta (*Avena strigosa* Scrheb.) e de centeio (*Secale cereale* L.), registraram aumento no número de colêmbolos e de formigas (Formicidae), à medida que o processo de decomposição avançava.

O grupo Formicidae foi o segundo e o terceiro grupo mais frequentemente observado no agroecossistema da manga e na caatinga, respectivamente, (Tabela 3). Em geral, esses

organismos são encontrados com predominância em sistemas agrícolas (BRITO et al., 2016) e apresentam grande abundância na maioria dos ecossistemas, estando presentes nos mais diferentes habitats. As formigas estão associadas à redistribuição das partículas dos solos, dos nutrientes e da matéria orgânica, elas melhoram a infiltração de água no solo pelo aumento da porosidade e a aeração. A maior complexidade na vegetação garante aumento da ocorrência desses organismos, além disso, devido a sua abundância e seu alto valor como indicadores ecológicos, pelo papel ecológico crítico na rotação e estrutura do solo, ciclagem de nutrientes, proteção de plantas, dispersão de sementes e sensibilidade às mudanças ambientais têm sido bastante utilizadas em estudos de restauração das condições ecológicas (PAIS e VARANDA, 2010).

Observou-se que o grupo Acari apresentou maior frequência relativa quando não houve incorporação das misturas de plantas na entrelinha das mangueiras (Tabela 3). Os ácaros são organismos usualmente predadores (MORAIS e FLECHTMANN, 2008), portanto uma menor perturbação no sistema sem revolvimento do solo; e, possivelmente, a maior permanência dos resíduos das misturas de plantas na interface serapilheira-solo favoreceu o aumento de suas presas, tais como nematoides, pequenos organismos, a exemplo dos colêmbolos, isso pode ter contribuído para o aumento de sua população.

Houve maior ocorrência de Coleoptera quando se utilizaram as misturas MP1 e MP2 no preparo sem revolvimento do solo (Tabela 3). O uso de misturas de plantas, como adubo verde com diferentes espécies botânicas, favorece a produção de fitomassa heterogênea que equilibra os processos de decomposição/mineralização (GIONGO et al., 2011), com isso aumenta o tempo de permanência de resíduos sobre o solo e pode contribuir para o aumento da ocorrência de coleópteros, que vivem no solo e se alimentam de material de planta viva e morta (SILVA et al., 2012; CASARI e IDE, 2012). Embora muitas espécies Coleoptera sejam consideradas pragas para a agricultura, algumas espécies desse grupo desempenham papel importante na reciclagem e mobilização de nutrientes e, também, algumas são utilizadas, atualmente, no controle biológico de insetos pragas (CASARI e IDE, 2012).

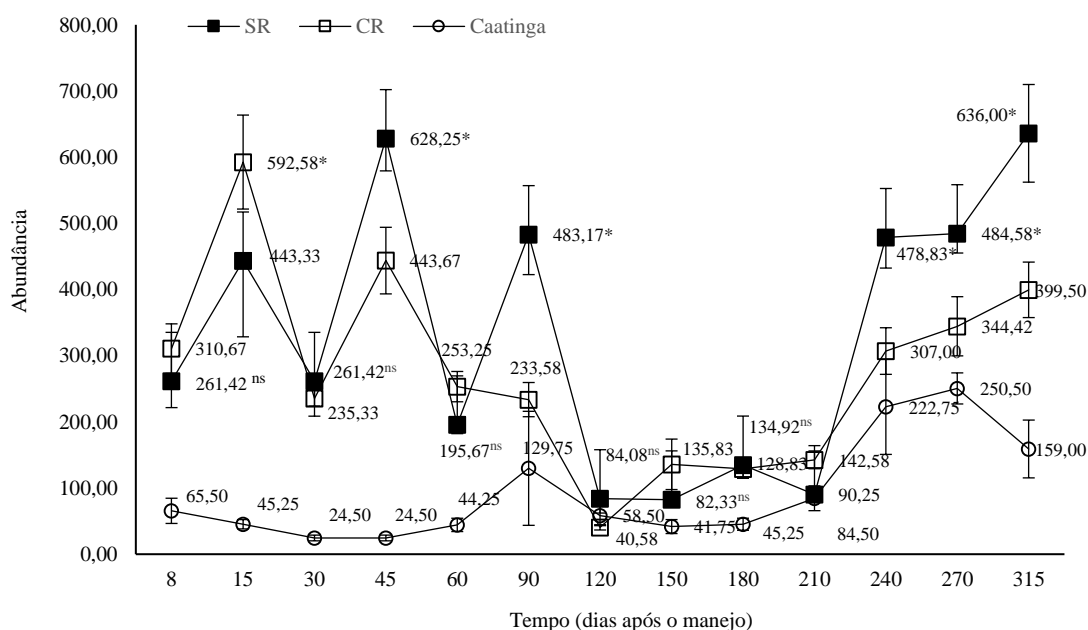
O grupo Araneae apresentou maior frequência relativa (3,04%) na área de referência do estudo, a caatinga (Tabela 3), resultados semelhantes foram observados por Nunes et al., (2012) que registram uma maior frequência desse grupo de indivíduos em área de mata nativa em período seco, quando comparado ao uso de diferentes tipos de cobertura. Esses autores destacaram que devido às aranhas serem um grupo de organismos predadores sobressaíram em função da maior competição e do menor número de nichos ecológicos. Assim, as condições de

estiagem no intervalo experimental (Figura 1) podem reduzir os nichos ecológicos e favorecer a ocorrência do grupo Araneae na área de caatinga.

### 3.2 Índices ecológico da fauna epigeica

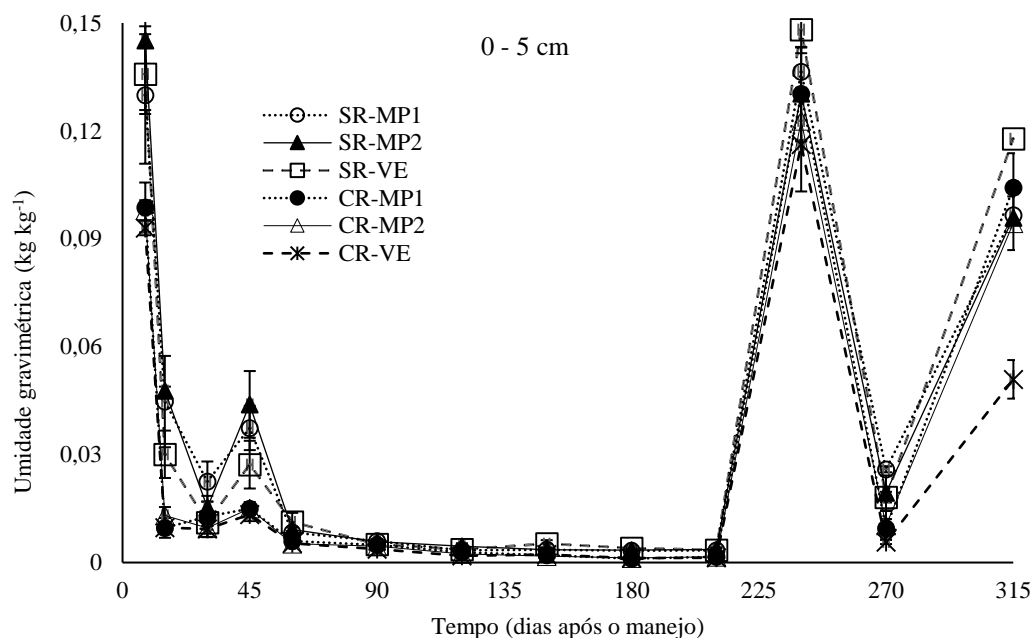
Em relação ao comportamento ecológico da fauna epigeica, a análise de variância demonstrou, para a variável abundância de indivíduos, efeito do fator tempo e da interação tempo *versus* sistema de preparo de solo ( $p < 0,01$ ). Sobre a riqueza de grupos, observou-se efeito significativo ( $p < 0,01$ ) das misturas de plantas, do tempo e da interação tempo *versus* sistema. No índice de diversidade de Shannon, houve influência do sistema de preparo de solo ( $p < 0,05$ ), mistura de plantas, tempo e interação tempo *versus* sistema de preparo de solo ( $p < 0,01$ ). E, no índice de equabilidade de Pielou, houve efeito do sistema de preparo do solo ( $p < 0,05$ ) e de forma similar às demais variáveis, também foi influenciado pelo fator tempo e interação tempo *versus* sistema de preparo do solo ( $p < 0,01$ ).

Na figura 2, observa-se variação na abundância de indivíduos ao longo do tempo, a qual acompanha as variações mensais dos fatores climáticos, temperatura e precipitação pluviométrica (Figura 1); e, também, a distribuição da umidade do solo (Figura 3). Verifica-se, ainda, que nos tempos 15, 45, 90, 240, 270 e 315 dias, os valores de abundância variaram em relação ao preparo do solo, sendo as maiores médias registrados no sistema sem revolvimento do solo, exceto no tempo de 15 dias.



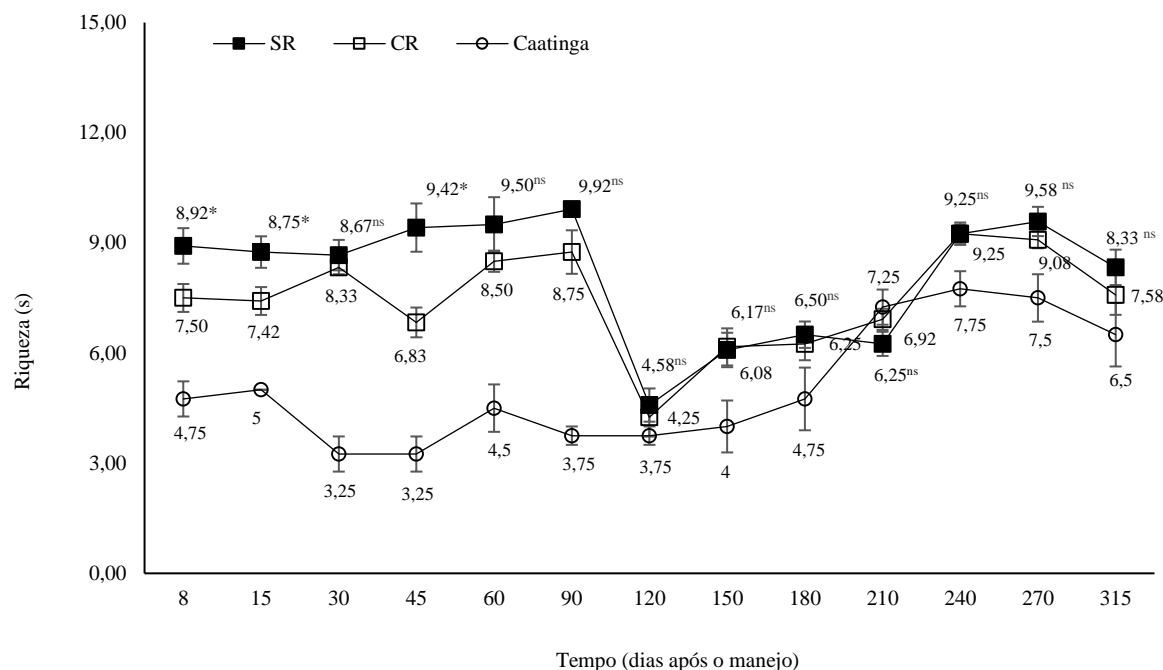
**Figura 2** Abundância de indivíduos da fauna epigeica, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo do solo (SR – Sem revolvimento CR -

com revolvimento). \* e <sup>ns</sup> significativo e não significativo, respectivamente, pelo Teste F ( $p < 0,05$ ). Barras verticais sobre as médias representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.



**Figura 3** Umidade gravimétrica na camada de 0-5, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo (SR-sem revolvimento, CR-com revolvimento) e após o manejo de três misturas de plantas (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea). Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.

Na Figura 4, observa-se que, assim como a abundância, houve variação na riqueza de grupos de acordo com as variações mensais dos fatores climáticos, temperatura e precipitação pluviométrica (Figura 1) e, também, com distribuição da umidade do solo (Figura 3). Contudo, observou-se uma maior riqueza de grupos no preparo sem revolvimento do solo, logo após o manejo das misturas de plantas (8, 15 e 45 dias). Silva et al. (2006), do mesmo modo, observaram variação na dinâmica da comunidade da macrofauna de acordo com a época de avaliação. Essa oscilação na abundância e riqueza parece estar, intimamente, relacionada à variação de temperatura e umidade, que interferem nos processos ocorridos na interface, serapilheira-solo, e regulam a atividade biológica.



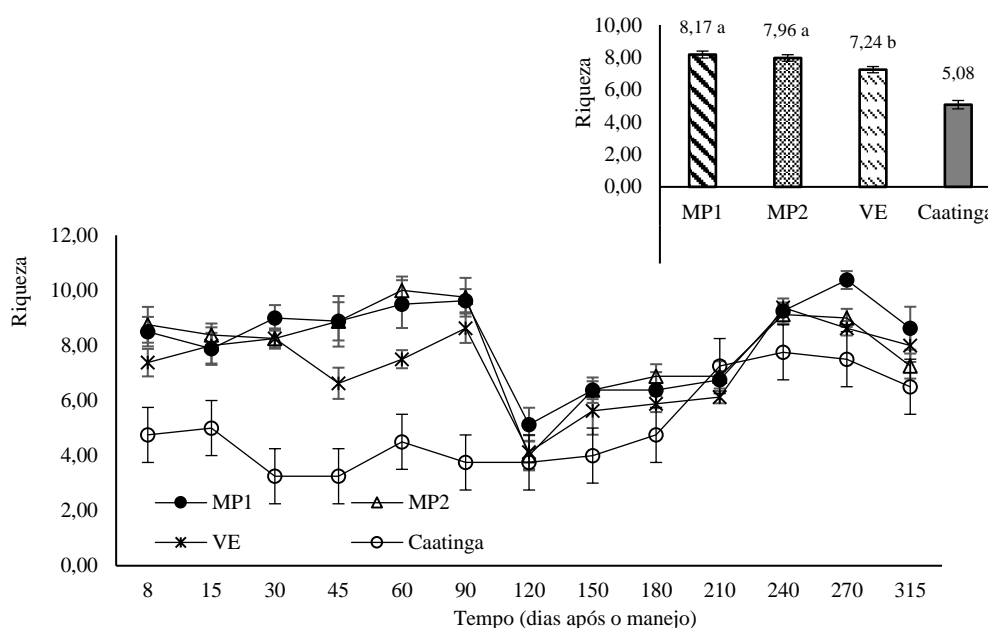
**Figura 4** Riqueza de grupo da fauna epigeica, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo do solo (SR – sem revolvimento CR - com revolvimento). \* e <sup>ns</sup> significativo e não significativo, respectivamente, pelo Teste F ( $p < 0,05$ ). Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.

A maior riqueza de grupos na fase inicial e a maior abundância de indivíduos nos tempos 15; 90; 45; 240; 270 e 315 dias no preparo sem revolvimento do solo refletem os menores danos ocasionados ao habitat nesse sistema de manejo do solo, que promoveu uma menor exposição dos organismos aos predadores, maior oferta de alimentos, e maior cobertura do solo na interface solo-serapilehira. Moço et al. (2005) destacaram que sistemas de manejo que contemplam a manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo proporcionam um ambiente mais favorável para a colonização do meio pela maioria dos grupos da fauna.

Ao longo do tempo, a riqueza de grupos da fauna epigeica apresentou um padrão semelhante em todas as misturas de plantas e na área de referência sob vegetação de Caatinga (Figura 5), sendo observadas três etapas diferentes: uma inicial logo após o manejo das misturas até os 90 dias, que apresentou pequenas variações na riqueza de grupos; um estágio intermediário, entre os 90 e 120 dias, marcado pela queda na riqueza de grupos, principalmente, nas misturas de plantas; e uma terceira etapa, entre os 120 dias e 270 dias, com aumento progressivo da riqueza, seguido de decréscimo. Esse resultado se deu devido à dinâmica dos organismos em relação às variações das condições edafoclimáticas da região (Figuras 1 e 3).

Entretanto, quando se compara a riqueza de grupos entre as misturas de plantas (Figura 5), verificou-se que MP1 e MP2 apresentaram as maiores médias de riqueza, 8,17 e 7,96, respectivamente, diferindo significativamente da VE. Sileshi et al. (2008) ressaltaram que o uso

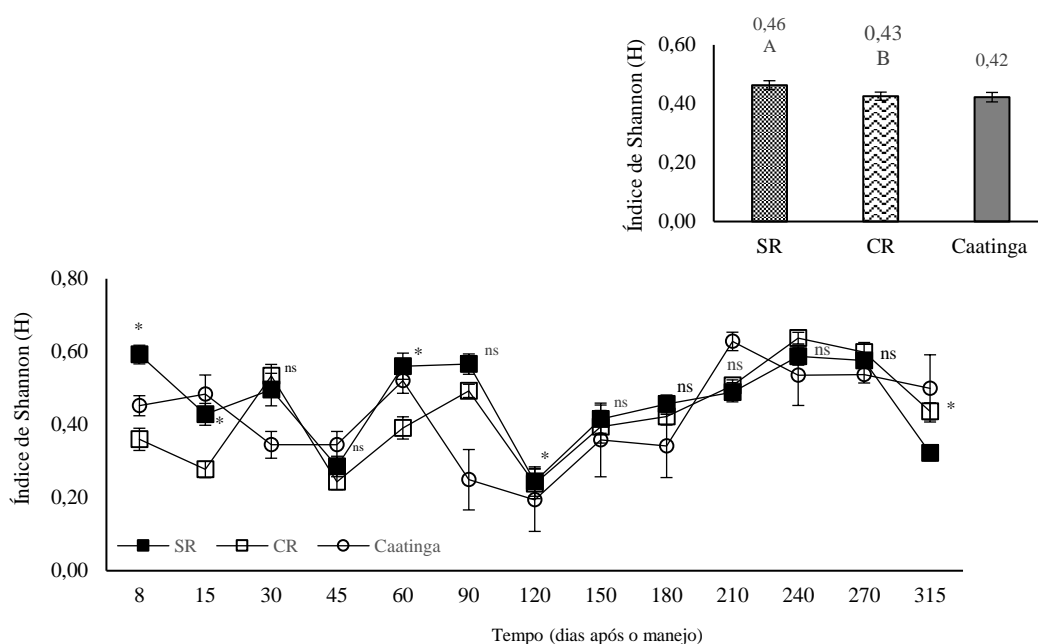
de misturas de plantas, incluindo leguminosas, na rotação do milho-pousio, promoveu aumento na abundância e riqueza da fauna do solo, por proporcionar maior densidade de cobertura dele e por disponibilizar resíduos culturais com variedade de propriedades químicas, ofertando assim maior diversificação de alimento à fauna edáfica.



**Figura 5** Riqueza de grupo da fauna epigeica, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea). Médias das misturas de plantas acompanhadas com letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.

Parra et al. (2009) destacam que a disponibilidade de N fornecida pelas leguminosas constitui-se em importante fonte de nutrição para o crescimento, o desenvolvimento e a fecundidade dos organismos. Dessa forma, a maior complexidade dos sistemas, envolvendo proporções diferenciadas de leguminosas, de gramíneas e de oleaginosas nas misturas MP1 e MP2, favoreceu a criação de habitats para uma maior riqueza dos grupos da fauna epigeica, indicando que essas misturas podem representar alternativas promissoras para melhorar o manejo do agroecossistema da mangueira.

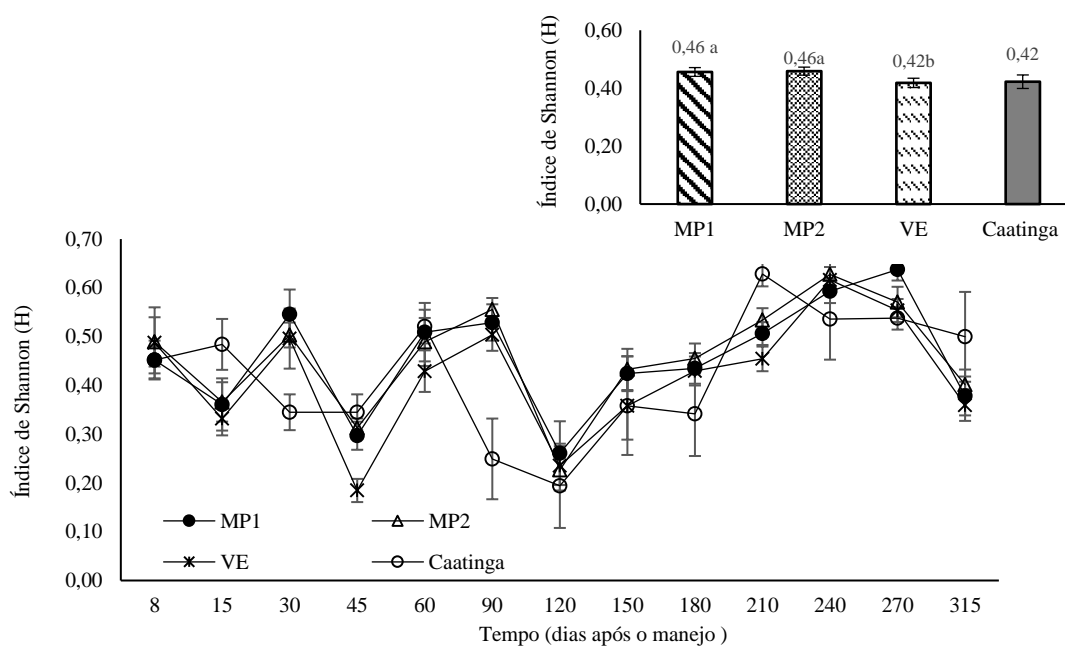
Na figura 6, verifica-se que os valores do índice de Shannon variaram entre os sistemas de preparo do solo, nos tempos 8, 15, 60, 90, 120 e 315 dias, com maiores valores desse índice registrados para o preparo sem revolvimento do solo, exceto no tempo de 315 dias.



**Figura 6** Índice de diversidade de Shannon (H) da fauna epigeica, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo do solo (SR – sem revolvimento CR - com revolvimento). \* e <sup>ns</sup> significativo e não significativo, respectivamente, pelo Teste F ( $p < 0,05$ ). Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE

O índice de Shannon entre as misturas apresentou padrão semelhante da variabilidade ao longo do tempo. Porém, como registrado para a riqueza de grupos, as misturas MP1 e MP2 apresentaram os maiores valores médios desse índice, diferindo significativamente da VE (Figura 7).

Os valores observados no índice de Shannon nesse estudo, em geral, foram baixos, uma vez que os valores desse índice podem variar de 0 a 5 e a sua redução pode resultar da maior dominância de alguns grupos em detrimento a outros (CORREIA e OLIVEIRA, 2000; SOUTO et al., 2008). Dessa forma, nesse estudo a maior FR dos grupos Collembola, Formicidae e Acari nas áreas estudadas (Tabela 3) contribuíram para os valores baixos para o índice de Shannon. Todavia, ressalta-se que a não perturbação do sistema na entrelinha das mangueiras e o uso das misturas MP1 e MP2, possivelmente, criaram condições que resultaram no aparecimento de maior número de nichos ecológicos e uma complexa rede alimentar, contribuindo para menor competição entre os grupos de organismos ocorrentes, favorecendo, portanto, a diversidade de fauna epigeica nessas misturas em relação a VE (Figura 7).

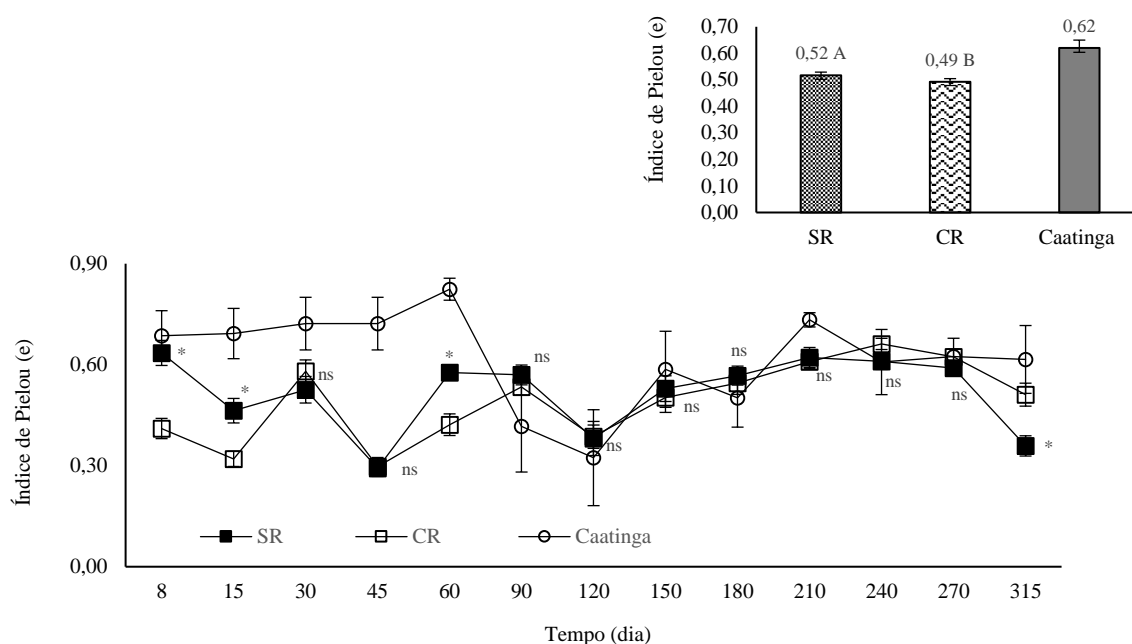


**Figura 7** Índice de diversidade de Shannon (H) da fauna epigeica, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea). Médias das misturas de plantas acompanhadas com letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.

O índice de equabilidade de Pielou também variou com o tempo e com o preparo do solo, sendo que devido à maior riqueza de grupos no preparo sem revolvimento do solo, esse índice, em geral, apresentou-se superior nesse tipo de manejo (Figura 8). O índice de Pielou pode variar entre 0 e 1, sendo os valores diretamente relacionados à dominância de grupos. Assim, quanto menor o valor encontrado, maior será a dominância por poucos grupos (PASQUALINI, et al., 2012).

Nesse estudo, os baixos índices de Pielou registrados na entrelinha da mangueira resultam da dominância dos grupos Collembola e Formicidae, os quais apresentam maior frequência relativa dentro dos sistemas de agroecossistemas propostos. Entretanto, a menor frequência de colêmbolos e o aumento da frequência de coleópteros no preparo sem revolvimento (Tabela 3) promoveram uma distribuição mais uniforme nesse preparo, que proporcionou o maior valor de índice de Pielou em relação ao preparo do solo com revolvimento (Figura 8).





**Figura 8** Índice de equabilidade de Pielou (e) da fauna epigeica, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo do solo (SR – sem revolvimento CR - com revolvimento). \* e ns significativo e não significativo, respectivamente, pelo Teste F ( $p < 0,05$ ). Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.

Comparando os índices ecológicos de abundância e riqueza entre o agroecossistema da manga com a área de referência, caatinga, (Figuras 2; 4 e 5), observa-se, de modo geral, que ao longo do tempo houve maior abundância e riqueza na área cultivada do que na área coberta pela caatinga. Esses resultados divergem daqueles registrados por Moço et al. (2005) em áreas cultivadas com eucalipto na região norte fluminense, como também de Nunes et al. (2008) em áreas de caatinga cultivada em Sobral-CE, que encontraram valores de densidade e riqueza de fauna superiores a de áreas de coberturas com a vegetação natural, do que naquelas cultivadas. Os menores valores desses índices na área de cobertura natural, provavelmente, estejam relacionados a uma menor oferta na disponibilidade de alimentos e das condições de manutenção de microhabitats. Possivelmente, a baixa ocorrência de precipitações pluviométricas durante o intervalo experimental (Figura 1) influenciou o número de indivíduos da fauna epigeica, aumentando a competitividade entre os grupos presentes e reduzindo o número de indivíduos sem, contudo, afetar a equabilidade de Pielou, que se mostrou superior na área de caatinga.

## 4 CONCLUSÕES

Independente do sistema de preparo do solo e da mistura de planta utilizada na entrelinha do agroecossistema da mangueira, os grupos Collembola, Formicidae e Acari foram os mais frequentes;

O sistema de preparo do solo com revolvimento tem efeito negativo sobre a diversidade da fauna epigeica e apresentou a menor abundância de indivíduos e riqueza de grupos e os menores índices de diversidade de Shannon e de equabilidade de Pielou; e

As misturas de plantas MP1 (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas) e MP2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas) proporcionaram maior riqueza à comunidade da fauna epigeica e maiores índices de diversidade de Shannon.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, D. O.; BAYER, C.; ALMEIDA, H. C. Fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.51, n.9, p.1140-1147, 2016.
- ANTONIOLLI, Z. I.; CONCEIÇÃO, P. C.; BÖCK, V.; PORT, O.; SILVA, D. M.; SILVA, R. F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 407-417, 2006.
- BARDGETT, R. D.; FRANKLAND, J.C.; WHITTAKER, J.B. The effects of agricultural management on the soil biota of some upland grasslands. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 45, p. 25-45, 1993.
- BEHAN-PELLETIER, V. M. Acari and collembola biodiversity in Canadian agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 83, p. 279-288, 2003.
- BRENNAN, A.; FORTUNE, T.; BOLGER, T. Collembola abundances and assemblage structures in conventionally tilled and conservation tillage arable systems. **Pedobiologia**, v. 50, p. 135-145, 2006.
- BOTTINELLI, N.; JOUQUET, P.; CAPOWIEZ, Y; PODWOJEWSKI, P.; GRIMALD, I M.; PENG, X. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? **Soil and Tillage Research**, v. 146, p. 118–124, 2015.
- BRITO, M. F.; TSUJIGUSHI, B. P.; OTSUBO, A. A.; SILVA, R. F.; MERCANTE, F. M. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p.253-260, 2016.
- CASARI, S. A.; IDE, S. Coleoptera. In: RAFAEL, J. A. et al. [Eds.]. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, 2012.
- CODY, R. An Introduction to SAS University Edition. 2015. Disponível em: <[https://www.sas.com/pt\\_br/home.html](https://www.sas.com/pt_br/home.html)>. Acesso em: 20 de junho de 2016.
- COLEMAN, D. C.; CROSSLEY, D. A.; HENDRIX P.F. **Fundamentals of Soil Ecology** (2ed.), Elsevier, USA, 2004.
- COLINVAUX, P. **Ecology**. NEW York: John Wiley, 1996. 725 p.
- CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação da serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS et al [Eds]. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 137-158.
- CORREIA, M. E. F; OLIVEIRA, L. C. M. **Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos**. Seropédica: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Agrobiologia, 2000. (documentos, 112).
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. 353 p.

- DOORENBOS, J.; PRUITT, O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. 2.ed. Rome: FAO, 1977. 156p. FAO Irrigation and Drainage Paper, 24.
- GATIBONI, L. C.; COIMBRA, J. L. M.; WILDNER, L. P.; DENARDIN, R. B. N. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia preta, em sistema plantio direto. **Biotemas**, v. 22, p. 45-53, 2009.
- GIONGO, V.; MENDES, A. M. S.; GAVA, C. A. T.; CUNHA, T. J. F. GALVÃO, S. R. S. 2011. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no Semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 611-618, 2011.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, p. 159-193, 1997.
- LAVELLE, P.; DECAËNS T.; AUBERT M.; BAROT S.; BLOUIN M.; BUREAU F.; MARGERIE P.; MORA P.; ROSSIC J.-P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 3-15, 2006.
- MERRILL, S. D.; LIEBIG, M. A.; TANAKA, D. L.; KRUPINSKY, J. M.; HANSON, J. D. Comparison of soil quality and productivity at two sites differing in profile structure and topsoil properties. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 179, p. 53–61, 2013.
- MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 555-564, 2005.
- MORAIS, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia**: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 2008. 308 p.
- NUNES, L. A. P. L.; SILVA, D. I. B.; ARAÚJO, A. S. F.; LEITE, L. F. C.; CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em sistemas de manejo para produção de forragens no Estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p.30-37, 2012.
- NUNES, L.A.P.L.; ARAÚJO FILHO, J.A. de; MENEZES, R.I. de Q. Recolonização da fauna edáfica em áreas de Caatinga submetidas a queimadas. **Caatinga**, v.21, p.214-220, 2008.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1983. 434 p
- PAIS, M. P.; VARANDA, E. M. Arthropod recolonization in the restoration of a semideciduous forest in southeastern Brazil. **Neotropico Entomologia**, v. 39, p. 198-206, 2010.
- PALM, C.; BLANCO-CANQUI, H.; DECLERCK, F.; GATERE, L.; GRACE, P. Conservation agriculture and ecosystem services: an overview. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 187 p. 87–105, 2014.
- PARRA, J. R. P.; PANIZZI, A. R.; HADDAD, M. L. Índices nutricionais para medir consumo e utilização de alimento por insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. Brasília: Embrapa Soja, 2009. p.37-90.

PASQUALIN, L. A. et al. Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná - Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 7-18, 2012.

PAUL, B. K.; VANLAUWE, B.; HOOGMOED, M.; HURISSO, T. T.; NDABAMENYE, T.; TERANO, Y.; SIX, J.; AYUKE, F. O.; PULLEMAN, M. M. Exclusion of soil macrofauna did not affect soil quality but increased crop yields in a sub-humid tropical maize-based system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 208, p. 75–85, 2015.

ROUSSEAU, L.; FONTE, S. J.; TÉLLEZ, O.; VAN DER HOEK, R.; LAVELLE, P. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. **Ecological Indicators**, v. 27, p. 71–82, 2013.

SILESHI, G.; MAFONGOYA, P. L.; CHINTU, R.; AKINNIFESI, F. K. Mixed-species legume fallows affect faunal abundance and richness and N cycling compared to single species in maize-fallow rotations. **Soil Biology and Biochemistry**, v.40, p.3065-3075, 2008.

SILVA, J.; JUCKSCH, I.; FERES, C. I. M. A.; TAVARES, R. C. Fauna do solo em sistemas de manejo com café. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, p. 59-71, 2012.

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p. 697-704, 2006.

SOUTO, P. C; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáfica em solo sob Caatinga no semiárido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 151- 160, 2008.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

ZEPPELINE, D. Collembola. In: RAFAEL, J. A. et al. [Eds.]. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, p. 201-212, 2012.

## **CAPÍTULO II**

### **DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE DIFERENTES MISTURAS DE PLANTAS EM CULTIVO DE MANGUEIRA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

FREITAS, M. S. C. Universidade Federal da Paraíba: fevereiro de 2018. **Decomposição e liberação de nutrientes de diferentes misturas de plantas em cultivo de mangueira no Semiárido brasileiro.**

## RESUMO

Conhecer a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos da parte aérea de diferentes misturas de plantas utilizadas como adubos verdes (coquetéis vegetais) é fundamental para o manejo sustentável de agroecossistemas, em condições semiáridas. O objetivo desse estudo foi avaliar a produção de fitomassa seca, o acúmulo de nutrientes e a taxa de decomposição e liberação de macronutrientes de misturas de plantas, cultivadas na entrelinha de cultivo de mangueira, sob dois sistemas de manejo do solo (sem e com revolvimento), em condição semiárida. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, com arranjo em parcelas subdivididas, sendo as parcelas, dois sistemas de preparo do solo, sem revolvimento (SR) e com revolvimento (CR) e as subparcelas três misturas de plantas, MP1 - 75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2 - 25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE - vegetação espontânea. O estudo de decomposição foi realizado pelo método das sacolas de náilon (litter bags), acrescentando ao arranjo experimental o fator tempo de coletas das sacolas (0, 8, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 e 315 dias), como subsubparcela. O preparo do solo não influenciou a produção de matéria seca e o acúmulo de nutrientes. A MP1 (75% leguminosas + 25% gramíneas) apresentou a maior produção de matéria seca e acúmulo de C, N e K do que a VE, indicando a importância dessa mistura para ciclagem desses nutrientes no agroecossistema da mangueira. Independente do tipo de mistura de plantas, cultivadas ou espontâneas, o preparo do solo com revolvimento aumentou as taxas de decomposição da fitomassa e liberação de nutrientes avaliados ao longo de 315 dias após o manejo das plantas de cobertura. A MP1 apresentou as maiores taxas de decomposição e liberação de P e K ao longo do tempo, seguida da MP2 e VE. Não ocorreu diferença entre as misturas para a liberação de N, Ca e Mg. A vegetação espontânea, devido a capacidade de acumular nutrientes e as características de recalcitrância de sua fitomassa, possui potencial para ciclar nutrientes e manter o solo coberto, além disso, deve ser melhor investigada por ser estratégia de baixo custo em agroecossistemas.

Palavras-chave: coquetel vegetal, ciclagem de nutrientes, manejo do solo.

FREITAS, M. S. C. Universidade Federal da Paraíba: fevereiro de 2018. **Decomposition and release of nutrients of different plant mixtures in the mango crop in the Brazilian semi-arid region**

### ABSTRACT

To know the dynamics of decomposition and nutrient release from a different plant mixture shoots used as green manures (plant cocktails) is major for the sustainable management of agroecosystems in semi-arid conditions. The objective of this study was to evaluate the dry matter production, nutrient accumulation and rate of decomposition and release of macronutrients from plant mixtures grown in the mango crop row under two soil management systems, in semi-arid conditions. The experimental design was a randomized complete block design, with four replications, arranged in split plots. The plots were two soil tillage systems, no-tillage (NT) and tillage (T), and the subplots three plant mixtures, PM1 - 75% legumes + 25% grasses and oilseeds, CM2 - 25% legumes + 75% grasses and oilseeds, and SV - spontaneous vegetation. The decomposition study was performed using the litter bags method, adding to the experimental arrangement the bag collecting time factor (0, 8, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 and 315 days) as sub-subplot. Soil preparation did not influence the production of dry matter and the accumulation of nutrients. PM1 (75% leguminous + 25% grasses and oilseeds) showed the highest dry matter and C, N and K accumulation than SV, indicating the importance of this plant mixture for the cycling of these nutrients in the mango crop agroecosystem. Regardless of the type of plant mixture, cultivated or spontaneous, the tillage increased the rates of biomass decomposition and nutrient release evaluated during 315 days after the management of the cover plants. PM1 presented the highest rates of decomposition and release of P and K over time, followed by PM2 and SV. There was no difference between the plant mixtures for the release of N, Ca and Mg. Spontaneous vegetation, due to its capacity to accumulate nutrients and the recalcitrance characteristics of its biomass, has the potential to cycle nutrients and maintain the soil covered. In addition, it should be better investigated because it is a low cost strategy in agroecosystems.

Key words: plant cocktail, nutrient cycling, soil management



## 1 INTRODUÇÃO

A irrigação viabiliza a produção agrícola em regiões áridas e semiáridas (dryland), tornando a fruticultura uma opção economicamente viável nestas condições. No entanto, diante os cenários de mudanças climáticas e escassez hídrica é imperativo desenvolver tecnologias que infiram sustentabilidade aos cultivos. Uma das alternativas é o desenho de agroecossistemas multifuncionais que utilizam adubos verdes, que além de favorecer a produtividade da cultura comercial, traz outros benefícios ao sistema de produção.

O uso de adubos verdes em consórcio, ou em sucessão com uma cultura principal, associado a prática do cultivo mínimo do solo tem sido apontado como medida conservacionista em diversos ambientes agrícolas (XAVIER et al., 2013; CONCEIÇÃO et al., 2013; GARCIA-FRANCO et al., 2015). A ausência de preparo ou o mínimo preparo do solo permite o acúmulo de carbono (C) no solo devido diminuição da taxa de decomposição da matéria orgânica (CONCEIÇÃO et al., 2013). O uso de plantas de cobertura sem o preparo do solo destaca-se pela manutenção da cobertura do solo, adição de nitrogênio e ciclagem de nutrientes, redução da erosão do solo (PERIN et al., 2004; GOMES et al., 2005; LAL et al., 2007, BLANCO-CANQUI, 2013), mitigação de emissão de gases do efeito estufa (BAYER et al. 2015), aumento da eficiência e produtividade da água e da diversidade biológica do ambiente, entre outros (ESPÍNDOLA et al., 2004; ALMEIDA et al. 2016), podendo assim compor sistemas agrícolas multifuncionais sustentáveis.

Porém, essa prática não é comumente adotada em regiões semiáridas devido à dificuldade de compor estratégias adaptadas para esses ambientes. Em geral, as altas temperaturas inerentes ao clima semiárido brasileiro, quando combinadas à disponibilidade de água e nutrientes via fertirrigação, aceleram o processo de decomposição dos resíduos orgânicos (GIONGO et al., 2011; FREITAS et al., 2012). Isso diminui seu tempo de permanência no solo e gera um assincronismo entre as taxas de adição e liberação de nutrientes e a demanda das fruteiras perenes que apresentam demanda nutricional variável ao longo do ciclo. Além disso, o manejo da entrelinha de cultivo com constante roçagem da vegetação espontânea e/ou incorporação dos seus resíduos ao solo, aliado ao tráfego de máquinas utilizadas nas operações de colheitas e tratos culturais interferem a dinâmica de decomposição fitomassa e da matéria orgânica.

A decomposição e estabilização de resíduos orgânicos no solo é um processo complexo, influenciado pelo ambiente, qualidade dos resíduos e os organismos decompositores (AITA e GIACOMINI, 2003; MOREIRA E SIQUEIRA, 2006). A temperatura e o regime de

chuvas exercem controle dominante na taxa de decaimento (perda de massa) dos resíduos. Quando esses fatores, juntamente com as condições edáficas, são ideais, ou pelo menos não limitantes, características inerentes aos resíduos e as relações mutualistas entre macro e microorganismos, governam as taxas de decomposição e a ciclagem de nutrientes (LAVELLE et al., 1993). O preparo do solo tem influência nos fatores intrínsecos à decomposição, mudando a dinâmica do fenômeno.

Das características intrínsecas aos resíduos orgânicos, diversos índices de qualidade têm sido colocados como bons preditores da decomposição e liberação de nutrientes. Em geral, assume-se que materiais pobres em N e P com altas concentrações de ligninas e polifenóis e elevadas relações C/N, C/P, polifenol/N, lignina/N, lignina/P, (lignina + polifenol)/N apresentam decomposição mais lenta (PALM e SANCHEZ, 1991; AITA e GIACOMINI, 2003, MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Os resíduos de leguminosas, principalmente devido seu elevado conteúdo de N e ciclagem de nutrientes, apresentam rápidas decomposição e liberação de nutrientes, principalmente em regiões de elevadas temperaturas (GAMA-RODRIGUES et al., 2007). Por outro lado, os resíduos de gramíneas possuem teores de N mais baixos e não adequados ao pronto estabelecimento da microbiota decompositora, implicando muitas vezes em indisponibilidade temporária de nutrientes às culturas de interesse econômico (TEIXEIRA et al., 2010).

O uso de diferentes espécies botânicas como plantas de cobertura e sem preparo do solo vem sendo utilizado como forma de melhorar o sincronismo entre a decomposição da fitomassa e liberação de nutrientes, e a demanda das culturas e a manutenção da cobertura do solo (AITA e GIACOMINI, 2003; TEIXEIRA et al., 2010). A exemplo das associações, leguminosa e gramínea (Teixeira et al., 2010) e leguminosas, gramíneas e oleaginosas (GIONGO et al., 2011) que possibilitam o fornecimento de uma fitomassa com relação C/N intermediária, equilibrando as taxas de decomposição, o tempo de permanência desses resíduos no solo e a disponibilidade contínua de nutrientes.

Em condições semiáridas irrigadas, ainda são poucos os estudos que fornecem alternativas para o manejo de adubos verdes, relacionados ao uso simultâneo de diferentes espécies em entrelinhas de cultivos de plantas perenes e também sobre a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes da fitomassa de adubos verdes. Portanto, o cultivo intercalar de mistura de espécies leguminosas, gramíneas e oleaginosas, bem como o uso da vegetação espontânea na forma de coquetel vegetal sem o revolvimento do solo, em cultivos

perenes irrigados no semiárido podem ser uma importante alternativa para o equilíbrio entre as taxas de adição e decomposição e para a ciclagem de nutrientes nesses agroecossistemas.

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a produção de fitomassa seca, o acúmulo de nutrientes e a taxa de decomposição e liberação de macronutrientes de misturas de plantas, cultivadas na entrelinha de cultivo de mangueira, sob dois sistemas de preparo do solo (sem e com revolvimento), em condição semiárida.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local do estudo

O estudo foi conduzido no campo experimental da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE (09°09'S, 40°22'W, altitude 366 m), em um experimento de longa duração com mangueira (*Mangifera indica* L. 'Kent'). O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico plúntico (Embrapa, 2013), textura média/argilosa, de relevo plano. O clima da região é do tipo BSw'h' (Köppen), semiárido, com precipitação média anual de 567 mm e temperatura do ar média anual variando entre 24,2°C e 28,2°C.

A área com vegetação nativa tipo caatinga hiperxerófila foi convertida em sistema agrícola em 1972 e cultivada durante 16 anos com as culturas anuais do milho (*Zea mays* L.), feijão (*Vigna unguiculata* L.) e melancia (*Citrullus lanatus* L.); seguida por cultivo de tâmara (*Phoenix dactylifera* L.) durante 20 anos, em sistema convencional de plantio. A cultura da manga foi implantada em 2008 e, em dezembro de 2009, deu-se início ao cultivo de diferentes misturas de plantas (coquetéis vegetais) utilizadas como adubos verdes, sendo realizado o semeio por seis anos consecutivos (2009/2010; 2010/2011; 2012; 2013; 2014; e 2015).

### 2.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em arranjo de parcelas subsubdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de dois preparos do solo, sem revolvimento (SR) e com revolvimento (CR); as subparcelas por três misturas de plantas (MP) (coquetéis vegetais), sendo MP1 - 75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2 - 25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas e VE - vegetação espontânea; e as subsubparcelas os tempos de amostragem, 0, 8, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 e 315 dias após o corte das MP. Cada subparcela foi constituída por três linhas com três árvores de mangueira, totalizando vinte sete árvores por parcela. O espaçamento entrelinhas foi 8 m e o espaçamento entre árvores na linha foi 5 m (subparcela de 24 m × 15 m = 360 m<sup>2</sup>). A área da subparcela ocupada pelo cultivo das misturas de plantas de cobertura foi 6 m de cada uma das três entrelinhas (ficou uma borda livre de 1 m entre a área de cultivo das misturas de e as linhas de árvores), e com um comprimento de 15 m totalizou 270 m<sup>2</sup>.

A MP1 e a MP2 foram constituídas de quatorze espécies, que incluíam oleaginosas, gramíneas e leguminosas; porém, em diferentes proporções entre as misturas, conforme detalhado no Tabela 1. A vegetação espontânea era composta principalmente por *Desmodium tortuosum* (Sw.) DC., *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb., *Digitaria bicornis* (Lam.) Roem.

Schult., *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd., *Commelina diffusa* Burm. f., *Acanthospermum hispidum* DC., *Euphorbia chamaeclada* Ule, *Waltheria rotundifolia* Schrank, *Waltheria* sp. L., *Tridax procumbens* L., *Ipomoea mauritiana* Jacq., *Ipomoea bahiensis* Willd. Ex roem. Schult. e *Amaranthus deflexus* L.

**Tabela 1** Proporção de semente usadas na composição de duas misturas de plantas de cobertura do solo na entrelinha de mangueira: MP1 (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas) e MP2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas). Petrolina-PE.

Espécie de planta de cobertura		MP1	MP2
		----- kg ha <sup>-1</sup> -----	
	Oleaginosas		
<i>Helianthus annuus</i> L. (Girassol)		3,1	9,3
<i>Ricinus communis</i> L. (Mamona)		30,0	90,0
<i>Sesamum indicum</i> L. (Gergelim)		1,0	3,0
	Gramíneas		
<i>Zea mays</i> L. (Milho)		15,0	45,0
<i>Pennisetum americanum</i> (L.) Leeke (Milheto)		1,0	3,0
<i>Sorghum vulgare</i> Pers. (Sorgo)		2,5	7,5
	Leguminosas		
<i>Crotalaria Spectabilis</i> Roth		5,2	1,7
<i>Crotalaria juncea</i> L.		13,5	4,5
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. (Feijão de porco)		187,5	62,5
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv. (Calopogônio)		3,7	1,2
<i>Stizolobium aterrimum</i> Piper & Tracy. (Mucuna Preta)		101,2	33,7
<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp. (Feijão guandu)		12,7	4,2
<i>Dolichos lablab</i> L. (Lab-lab)		60,0	20,0
<i>Mucuna cochinchinensis</i> (Lour.) A. Chev. (Mucuna Cinza)		101,2	33,7

No sistema SR, as plantas de cobertura foram manejadas com roçadeira manual, na floração plena da maioria das espécies, cerca de 70 dias após a semeadura. O corte das plantas foi a 5 cm acima da superfície do solo e a fitomassa da parte aérea depositada sobre o solo, nas entrelinhas de mangueira. No sistema CR, a fitomassa foi incorporada com arado de disco à 20 cm de profundidade, seguido por uma gradagem superficial, com grade leve de disco aberto.

Desde o início do experimento, seis ciclos de cultivo de plantas de cobertura foram realizados: 2009/2010, 2010/2011, 2012, 2013, 2014 e 2015. O presente estudo foi conduzido no sexto ciclo, sendo as plantas de cobertura em MP1 e MP2 semeadas manualmente nos dias 23 e 24 de fevereiro de 2015, em sulcos de aproximadamente 5 cm de profundidade, espaçados a 50 cm, totalizando 36 linhas de cultivo por subparcela. Alguns atributos químicos do solo antes da semeadura das plantas de cobertura deste ciclo são apresentados na Tabela 2.

A irrigação foi por gotejamento, com emissores espaçados em 50 cm e com vazão média de 1,6 L h<sup>-1</sup>, distribuídos nas entrelinhas de cultivo. As irrigações foram realizadas com base na evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), calculada pelo método de Penman-Monteith, a partir de dados diários coletados em uma estação meteorológica instalada próximo ao local do

experimento. O coeficiente de cultivo para determinação da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi o proposto por Doorenbos e Pruitt (1977). Da semeadura até o corte das plantas de cobertura, realizou-se irrigação apenas na entrelinha de cultivo. Após o manejo das plantas de cobertura, a irrigação foi totalmente suspensa com objetivo de proporcionar o estresse hídrico necessário para paralização do crescimento vegetativo das mangueiras, sendo reestabelecida em setembro, após o florescimento de 50% do pomar.

**Tabela 2 Atributos químicos do solo na entrelinha de mangueira cultivada com três misturas de plantas de cobertura (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) sob dois sistemas de preparo (SR-sem revolvimento, CR-com Revolvimento). Petrolina-PE.**

Tratamento	CE	pH (H <sub>2</sub> O)	P	K	Ca	Na	Mg	Al	(H+Al)	SB	CTC
	dS m <sup>-1</sup>	-----	mg dm <sup>-3</sup>	-----	-----	-----	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
0 -5 cm											
MP-SR	0,36	7,08	48,94	0,40	2,88	0,07	1,23	-	0,75	4,55	5,30
MP2-SR	0,35	7,10	35,57	0,57	2,88	0,10	1,25	-	0,65	4,80	5,45
VE-SR	0,50	7,10	37,68	0,44	3,10	0,06	1,25	-	1,15	4,88	6,03
MP1-CR	0,45	6,78	33,71	0,30	2,70	0,08	1,18	-	0,80	4,28	5,05
MP2-CR	0,34	6,88	42,52	0,42	2,40	0,08	1,20	-	0,63	4,10	4,73
VE-CR	0,38	6,75	40,58	0,36	2,23	0,06	1,08	-	0,73	3,75	4,43
5-10 cm											
MP1-SR	0,35	6,60	28,72	0,64	1,65	0,06	0,80	-	1,13	3,15	4,30
MP2-SR	0,29	6,80	33,73	0,48	1,70	0,06	0,78	-	1,00	3,03	4,00
VE-SR	0,27	6,93	30,87	0,45	1,98	0,06	0,78	-	1,30	3,25	4,53
MP1-CR	0,36	7,08	42,20	0,49	2,48	0,08	1,15	-	0,80	4,23	5,00
MP2-CR	0,37	7,13	39,50	0,46	2,00	0,08	1,08	-	0,93	3,60	4,55
VE-CR	0,33	7,08	40,43	0,37	2,05	0,07	1,08	-	0,95	3,58	4,53
10 -20 cm											
MP1-SR	0,44	6,05	27,07	0,46	1,20	0,06	0,60	-	1,88	2,30	4,20
MP2-SR	0,24	6,28	28,76	0,41	1,35	0,05	0,70	-	1,88	2,53	4,40
VE-SR	0,28	6,53	23,17	0,38	1,33	0,05	0,68	-	1,45	2,45	3,88
MP1-CR	0,30	6,63	30,31	0,45	1,65	0,07	0,90	-	1,25	3,05	4,33
MP2-CR	0,31	6,65	27,24	0,37	1,43	0,07	0,68	-	1,33	2,55	3,88
VE-CR	0,28	6,90	31,96	0,35	1,63	0,06	0,80	-	0,83	2,83	3,65
20-40 cm											
MP1-SR	0,30	5,63	27,27	0,36	2,05	0,06	0,83	0,03	2,40	3,30	5,70
MP2-SR	0,33	5,63	21,84	0,34	1,50	0,05	0,80	0,03	2,80	2,68	5,50
VE-SR	0,34	5,88	14,52	0,38	1,55	0,06	0,65	0,01	2,15	2,65	4,80
MP1-CR	0,32	6,00	17,43	0,30	1,45	0,06	0,73	-	2,08	2,53	4,60
MP2-CR	0,30	6,28	26,95	0,34	1,73	0,06	0,85	-	1,65	2,95	4,60
VE-CR	0,17	6,28	18,00	0,31	1,53	0,07	0,75	-	1,80	2,65	4,45

### 2.3 Avaliações

Para determinar a quantidade de fitomassa da parte aérea de plantas de cobertura e a quantidade de macronutrientes produzidas nesse material, foram coletadas, ao longo de cada subparcela, três amostras, em áreas de 1 m<sup>2</sup> cada. As plantas de cobertura foram cortadas rente ao solo e pesadas para obtenção da fitomassa verde. Para determinação do teor de umidade,

foram separados aproximadamente 400 g desses materiais que foram secos em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C até a estabilização de massa, permitindo o cálculo da produção de fitomassa seca. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey (peneira com malha de 1 mm), para realização da caracterização química da parte aérea (Tabela 3).

**Tabela 3 Médias das características químicas da fitomassa da parte aérea de diferentes misturas de plantas cultivadas na entrelinha de um agroecossistema de mangueira. Petrolina-PE.**

Mistura de plantas de cobertura	C	N	P	K	Ca	Mg	Lig
	-----g kg <sup>-1</sup> -----						
MP1	459,91	19,34	3,04	26,96	10,92	5,14	118,37
MP2	457,04	15,58	3,50	28,47	11,10	5,43	108,19
VE	445,95	15,38	3,10	27,35	15,75	5,65	122,21
Mistura de plantas de cobertura	Hem	Cel	C/N	C/P	Lig/N	(Lig+Cel)/N	Lig/P
	-----g kg <sup>-1</sup> -----						
MP1	77,88	298,79	25,01	153,12	6,38	22,51	39,59
MP2	70,93	298,82	30,18	132,18	7,11	26,84	31,36
VE	50,06	339,33	31,64	145,71	8,30	33,11	39,60

Os teores de C e N foram obtidos por combustão seca em analisador elementar – LECO, modelo TRUSPEC CN. Para determinação do fósforo (P), utilizou-se o extrato obtido por digestão seca em forno tipo mufla a 550°C (MELO e SILVA, 2008) e análise por espectrofotometria de absorção molecular em amarelo de vanadato. Os teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram determinados após digestão em solução ácida nítrico-perclórica (5:1), sendo as leituras de K obtidas por fotometria de chama, e as de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (SILVA, 2009). O acúmulo dos nutrientes na fitomassa seca da parte aérea foi calculado multiplicando-se os respectivos teores pela produção de fitomassa.

Foram determinadas também as concentrações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina, pelo método não sequencial, segundo técnicas descritas por Robertson e van Soest (1981). A celulose foi destruída pelo ácido sulfúrico a 72% (van SOEST, 1994), sendo a lignina obtida por diferença de peso, subtraindo as cinzas pela queima na mufla a 600° C (ANDERSON e INGRAM, 1996). Os teores de hemicelulose foram calculados por diferença entre os teores de FDN e FDA e os de celulose pela diferença entre FDA e lignina.

## 2.4 Decomposição e liberação de nutrientes

A decomposição e liberação de nutrientes foram avaliadas, ao longo de 315 dias (de <28 de maio de 2015> a <sete de abril de 2016>), em 14 tempos de avaliação (0, 8, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 e 315 dias), após o manejo das plantas de cobertura, pelo método de “litter bags”. Litter bags de náilon com abertura de 2 mm e dimensões de 30 cm × 30 cm foram preenchidos com 280 g de fitomassa fresca da parte aérea das misturas de plantas, representando aproximadamente a produção média de fitomassa fresca (31,73 Mg ha) e seca (7,36Mg ha<sup>-1</sup>) de todas as misturas. Em cada subparcela, foram distribuídos 13 litter bags aleatoriamente (um para cada tempo de avaliação, exceto o tempo zero). Nas parcelas sem revolvimento, as sacolas foram deixadas na superfície e com revolvimento, a 20 cm de profundidade do solo, de forma que o material, em seu interior, permanecesse em condições idênticas às do material adicionado ao solo pelo manejo mecânico.

Os *litter bags* recolhidos em cada tempo de avaliação foram levados ao Laboratório de Solos da Embrapa Semiárido, limpos manualmente para retirada de partículas de solo aderidas. A fitomassa remanescente foi seca em estufa de circulação forçada a 65 °C até peso constante, obtendo-se a fitomassa seca remanescente (MREM). Para as análises químicas da fitomassa remanescente, as amostras secas em estufa foram trituradas em moinho tipo Willey e passadas em peneiras de 1 mm. Em cada tempo de avaliação, foi determinado o teor de cinza na fitomassa remanescente, em 1 g de amostra, que foi incinerado em mufla a 550 °C durante 4 h. Posteriormente os valores de MREM foram corrigidos pelo teor de cinza para serem expressos livres da contaminação com partículas de solo (Christensen, 1985).

Na MREM de cada tempo foram determinados os teores de C, N, P, K, Ca e Mg, seguindo as mesmas metodologias de análise descritas anteriormente, e com bases na MREM e nos teores foram calculadas as quantidades remanescentes de cada nutriente (MRN), sendo os valores expressos em percentagem do valor inicial. Em seis tempos de avaliação (8, 15, 30, 45, 60 e 315 dias após o manejo), foram determinados na fitomassa remanescente os teores de celulose, hemicelulose e lignina, pelos mesmos métodos já descritos, utilizados para obtenção dos coeficientes de correlação de Person com percentagem de fitomassa e de nutrientes remanescentes.

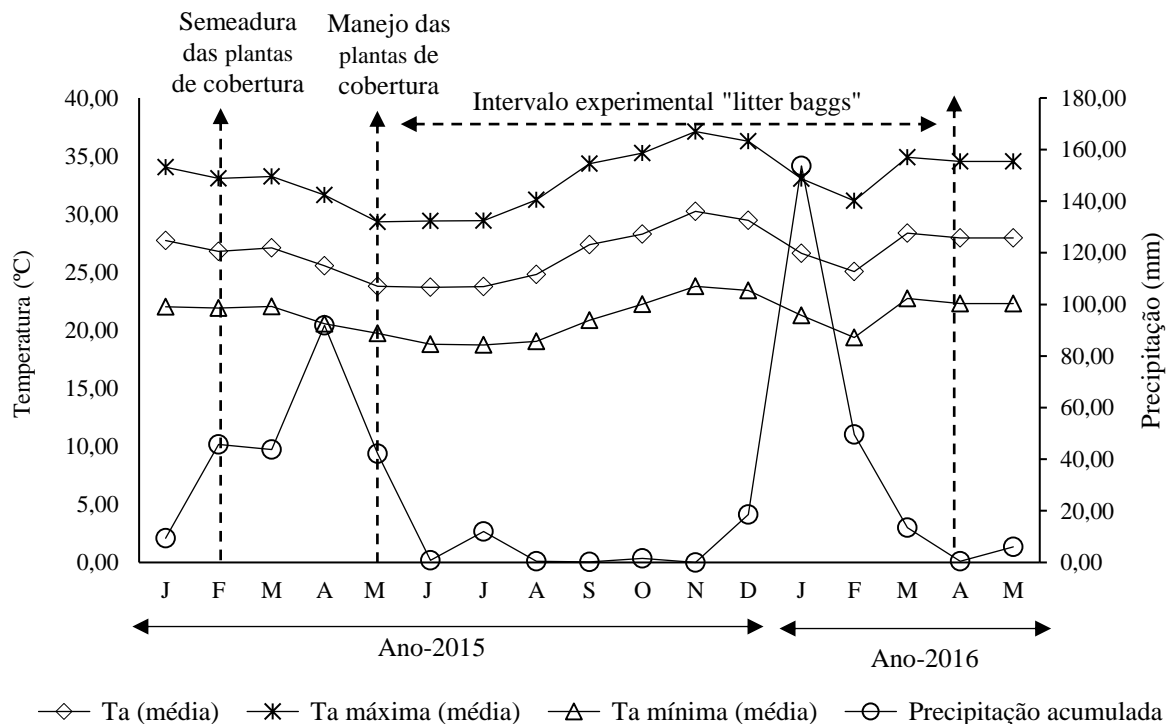
Em cada tempo de avaliação e em cada unidade experimental, foram retiradas amostras de solo de cada unidade experimental, em cada subparcela, para acompanhamento da umidade do solo, utilizando-se trado tipo sonda, nas profundidades de 0-5cm e de 15 -20 cm. Durante o período de avaliação da decomposição da fitomassa e da liberação de nutrientes, além da umidade do solo, também foi medida a precipitação pluviométrica e a temperatura do ar em estação meteorológica próxima do experimento (Figura 1).



As taxas de decomposição e liberação de nutrientes foram estimadas, ajustando-se modelos de regressões não lineares aos valores observados, conforme Wider e Lang (1982). Os modelos testados foram:

- (1) MREM ou MRN =  $A e^{-kt}$
- (2) MREM ou MRN =  $A e^{-kat} + (100-A)$
- (3) MREM ou MRN =  $A e^{-kat} + (100-A) e^{-kbt}$

em que, MREM é a percentagem de matéria seca remanescente; MRN, percentagem de nutrientes remanescentes (C, N, P, K, Ca e Mg); k, constante de decomposição; ka, constante de decomposição do compartimentos mais facilmente decomponível; kb, constante de decomposição do compartimento mais recalcitrantes; e t, tempo em dias.



**Figura 1** Temperatura média do ar (mínima, média e máxima) e precipitação pluviométrica acumulada mensais durante o período de crescimento e após o manejo das plantas de cobertura (fevereiro de 2015 a abril de 2016). Dados da Estação Agrometeorológica da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE

No modelo exponencial simples (1), proposto por Jenny et al. (1949), a taxa de decomposição e liberação de nutrientes decai exponencialmente a uma taxa constante (k), assim a taxa de decomposição absoluta diminui linearmente à medida que a quantidade restante do substrato, ou a taxa de decomposição relativa, permanece constante. Com o tempo e com a perda dos componentes mais facilmente decomponíveis, aumenta a proporção progressiva dos

materiais mais recalcitrantes, levando assim a uma diminuição da perda de massa absoluta, contudo, podendo manter-se constante a taxa de decomposição relativa.

No modelo assintótico (2), são transformados apenas a matéria seca e os nutrientes do compartimento mais facilmente decomponível, diminuindo exponencialmente a uma taxa constante ( $k_a$ ). Nesse modelo, o compartimento recalcitrante não sofre transformação dentro do período avaliado. No modelo exponencial duplo (3), a matéria seca e os nutrientes dos dois compartimentos diminuem exponencialmente as taxas constantes, sendo a primeira fração transformada a uma taxa mais elevada ( $k_a$ ) e a segunda, aquela mais recalcitrante, a uma taxa menor ( $k_b$ ).

Com base no modelo ajustado, calculou-se o tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ), que expressa o período de tempo necessário para que metade dos resíduos se decomponha ou para que metade dos nutrientes contidos nesses resíduos seja liberada. Para este cálculo, utilizou-se a equação descrita em Rezende et al. (1999):

$$t_{1/2} = (\ln 2) / k$$

em que  $t_{1/2}$  é o tempo de meia-vida de MREM ou MRN;  $\ln (2)$  é um valor constante; e  $k$  é a constante de decomposição descrita anteriormente.

## 2.5 Análise estatística

As variáveis mensuradas foram submetidas a análises de variância distintas, com significância testada até 5 %, pelo teste F. Os graus de liberdade (GL), para os fatores preparo do solo e misturas de plantas, que apresentaram F significativo, foram comparados pelos testes F ( $p < 0,05$ ) e pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), respectivamente.

Uma segunda análise de variância foi realizada para o estudo de decomposição, os GL relativos ao tempo foram desdobrados em análise de regressão não-linear. Os modelos, quando significativos, foram comparados entre si por meio do valor de AIC (Akaike's Information Criterion), sendo escolhido aquele que apresentou o menor AIC. Foram realizadas, também, análises de correlação linear simples para MREM e a MRN com as características dos resíduos ao longo do tempo. As análises foram realizadas no software SAS, University (CODY, 2015).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Matéria seca e acúmulo de nutrientes

O preparo do solo não influenciou a produção da fitomassa da parte aérea e o acúmulo de nutrientes das misturas de plantas de cobertura do solo. Entretanto, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para a produção de fitomassa seca da parte aérea entre as misturas de plantas (Tabela 4). A mistura com predomínio de espécies leguminosas (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas) não diferiu do tratamento com predomínio de gramíneas e oleaginosas (MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas), contudo a sua produção de matéria seca ( $8,18 \text{ t ha}^{-1}$ ) foi superior em 25% à vegetação espontânea ( $6,52 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabela 4).

**Tabela 4** Acúmulo de macronutrientes na fitomassa da parte aérea de diferentes misturas de plantas cultivadas na entrelinha de um agroecossistema de mangueira. Petrolina-PE.

Misturas de plantas	Acúmulo			
	MS	C	N	P
	-----t ha <sup>-1</sup> -----	-----kg ha <sup>-1</sup> -----	-----kg ha <sup>-1</sup> -----	-----kg ha <sup>-1</sup> -----
MP1	8,18a <sup>(0,31)</sup>	3761,20a <sup>(144,21)</sup>	157,00a <sup>(12,81)</sup>	24,94ab <sup>(1,58)</sup>
MP2	7,83ab <sup>(0,41)</sup>	3580,46ab <sup>(191,94)</sup>	122,96ab <sup>(11,72)</sup>	27,31a <sup>(1,64)</sup>
VE	6,52b <sup>(0,57)</sup>	2916,84b <sup>(273,59)</sup>	100,94b <sup>(13,64)</sup>	19,94b <sup>(1,38)</sup>
	K	Ca	Mg	S
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----	-----kg ha <sup>-1</sup> -----	-----kg ha <sup>-1</sup> -----	-----kg ha <sup>-1</sup> -----
	-----t ha <sup>-1</sup> -----	-----t ha <sup>-1</sup> -----	-----t ha <sup>-1</sup> -----	-----t ha <sup>-1</sup> -----
MP1	219,64a <sup>(8,31)</sup>	89,32a <sup>(4,74)</sup>	42,28a <sup>(2,67)</sup>	18,58a <sup>(1,03)</sup>
MP2	220,30a <sup>(8,46)</sup>	86,07a <sup>(5,47)</sup>	42,16a <sup>(1,48)</sup>	18,01a <sup>(1,78)</sup>
VE	175,74b <sup>(12,20)</sup>	103,18a <sup>(10,49)</sup>	36,85a <sup>(3,57)</sup>	11,05b <sup>(1,44)</sup>

MP1 - 75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas; MP2 - 25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas; VE - vegetação espontânea; Médias seguidas da mesma letra na coluna não difere entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); e valores entre parênteses representam o erro padrão da média.

Provavelmente, a maior proporção de leguminosas em MP1, devido à maior eficiência na ciclagem de N por essa família botânica (XAVIER et al., 2013), elevou a produção de matéria seca em relação à VE. Por outro lado, a maior proporção de gramíneas, em MP2, que geralmente possuem alta capacidade fotossintética e produção de fitomassa rica em C (TAIZ e ZEIGER, 2013) e de oleaginosas, eficientes na ciclagem de nutrientes, como N e P (GIACOMINI et al., 2003), contribuíram para a ausência de diferença significativa dessa mistura em relação a MP1 e a VE.

Dessa forma, verifica-se a importância das misturas de plantas com diferentes famílias botânicas, na forma de coquetéis vegetais na produção de MS para uso como adubo verde em condições semiáridas. Almeida e Câmara (2011), em condições de clima subtropical, destacaram que a mistura de plantas na forma coquetel completo (feijão guandu + feijão-de porco + mucuna-preta + milho + milheto (*Pennisetum glaucum*) apresentou produtividade de

18 t ha<sup>-1</sup>, superior à produção de espécies em cultivo solteiro, que variou apenas de 8,1 a 14,1 t ha<sup>-1</sup> e também ao coquetel formado como apenas espécies de leguminosas (feijão guandu + feijão-de-porco + mucuna-preta) com produção de matéria seca de 13,7 t ha<sup>-1</sup>. Teixeira et al (2010), em Lavras-MG, também observaram que o cultivo conjunto (consórcio) de uma espécie gramínea (milheto) e leguminosa (feijão-de-porco) apresentou maior produção de fitomassa (4,18 t ha<sup>-1</sup>) que em cultivo solteiro de milheto (2,36 t ha<sup>-1</sup>). Esses autores também concluíram que, embora o consórcio tenha apresentado maior velocidade de decomposição que o milheto solteiro ao longo de 72 dias, ao final desse período o consórcio ainda apresentava uma maior quantidade de palhada sobre a superfície do solo, devido a sua maior quantidade de matéria seca inicial.

Tanto as misturas de plantas de cobertura cultivadas quanto a vegetação espontânea obedeceram a seguinte ordem de acúmulo de elementos C > K > N > Ca > Mg > P. Os acúmulos de C e N apresentaram a mesma tendência da fitomassa seca (Tabela 4), na qual a MP1 apresentou as maiores médias de acúmulo de C e de N, 3761 kg ha<sup>-1</sup> e 157 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, superior à VE, não diferindo de MP2 (Tabela 4). A ausência de diferença entre MP1 e MP2, quanto ao acúmulo de N, pode estar associada à presença de oleaginosas. Nesse sentido, Giacomini et al.(2003), avaliando a contribuição das oleaginosas na ciclagem de N em consórcios de plantas de cobertura, verificaram que os consórcios entre aveia e nabo e aveia e ervilhaca acumularam quantidades de N semelhantes, não diferindo dos cultivos solteiros de ervilhaca e nabo, mas destacando que todos os tratamentos foram superiores ao cultivo solteiro de aveia.

A maior média de acúmulo de P foi verificada na MP2 (27,31 kg ha<sup>-1</sup>), diferindo apenas do tratamento com plantas espontâneas (Tabela 4). As espécies de plantas variam inter e intraespecificamente em sua capacidade de absorver e acumular nutrientes. Em geral, as gramíneas, em virtude de seu sistema radicular abundante, possuem alta eficiência na ciclagem de P devido a maior exploração de solo (RAO et al., 1995). Assim, o maior percentual de gramíneas na MP2 pode ter contribuído para o acúmulo de P. Por outro lado, as leguminosas (FRANCHINI et al., 2004), bem como as oleaginosas (WANG et al., 2008), apresentam sistemas radiculares pivotantes e são capazes de transportar P de camadas subsuperficiais, o que pode ter colaborado para a ausência de diferença significativa, para esse nutriente, entre MP1 e MP2.

As misturas de plantas MP1 e MP2 foram mais eficientes na extração e ciclagem de K do solo do que a VE no sistema de produção de mangueiras (Tabela 4), indicando que o cultivo de plantas de coberturas é estratégia importante para mitigar as perdas desse elemento por

lixiviação e erosão. Em relação ao acúmulo de Ca e Mg, não se observou diferenças entre as misturas de plantas e a VE, destacando a importância da vegetação espontânea na estratégia de ciclagem de nutriente em agroecossistemas manejados devido à capacidade adaptativa dessas espécies às condições edafoclimáticas vigentes e seu possível uso como adubo verdes na entrelinha da mangueira.

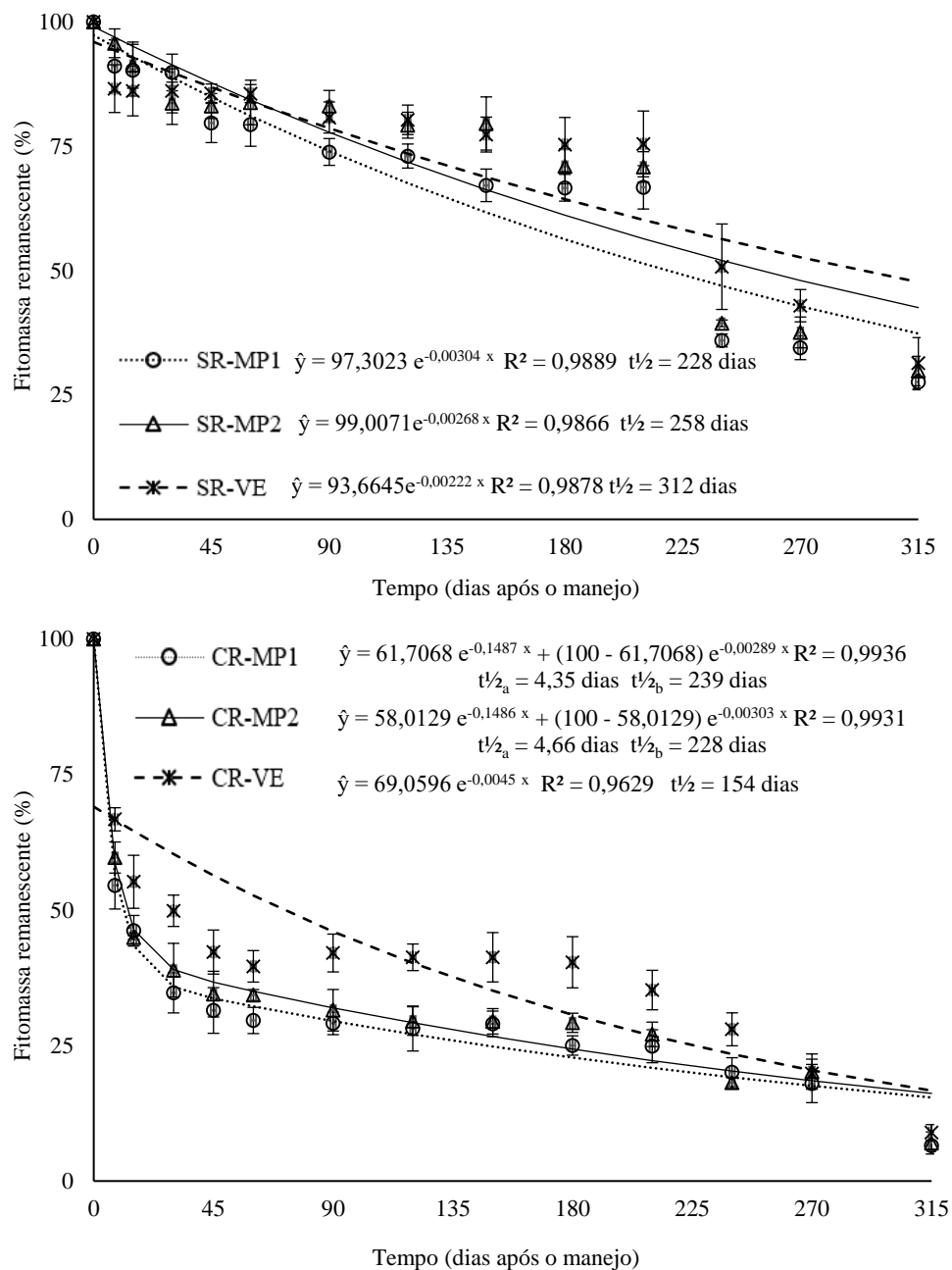
### 3.2 Decomposição e liberação de nutrientes

A cinética de decomposição dos resíduos foi influenciada pelos fatores preparo do solo ( $p < 0,01$ ), mistura de plantas ( $p < 0,01$ ), tempo ( $p < 0,01$ ) e pela interação preparo *versus* tempo (Figura 2). Como houve efeito isolado das misturas, para interpretar o percentual remanescente individual no tempo, optou-se por apresentar as equações e curvas dentro de cada preparo do solo, mesmo sabendo que o comportamento delas foi semelhante para os fatores preparo e tempo, diferenciando-se entre si, apenas, em termos absolutos de massa remanescente.

O preparo do solo sem revolvimento promoveu menor taxa de decomposição na fitomassa das misturas de plantas. O modelo exponencial simples apresentou maior capacidade preditiva do percentual de matéria seca remanescente de todas as misturas no sistema sem revolvimento do solo, com taxas de decomposição de  $0,00304 \text{ dias}^{-1}$ ,  $-0,00268 \text{ dias}^{-1}$  e  $0,00222 \text{ dias}^{-1}$  e tempo de meia vida estimado em 228, 258 e 312 dias para MP1, MP2 e VE, respectivamente. Contudo, no preparo do solo com revolvimento, apenas a matéria seca remanescente da VE ajustou-se ao modelo exponencial simples (Figura 2), com taxa de decomposição de  $0,0045 \text{ dias}^{-1}$  e tempo de meia vida de 154 dias, enquanto as misturas MP1 e MP2 ajustaram-se ao modelo exponencial duplo, em que a massa seca remanescente do compartimento facilmente decomponível dessas misturas, que representavam 61% e 58% de suas matéria seca total, respectivamente, apresentou taxa de decomposição de  $0,148 \text{ dia}^{-1}$  e tempo de meia vida de apenas 4 dias (Figura 2).

O preparo do solo com revolvimento, geralmente, expõe os resíduos orgânicos às condições de oxidação (temperatura, umidade e aeração), acelerando a atividade microbiana, com isso, elevando a taxa de decomposição (THÖNNISSEN et al., 2000; GÓMEZ -MUÑOZ et al., 2014). Semelhante ao ocorrido nesse estudo, Zibilske e Materon (2005) registraram em condições semiáridas que a percentagem remanescente de resíduos orgânicos deixados sobre a superfície após um ano foi de 75% e aqueles incorporados a 10 cm de profundidade de apenas 45%. Gómez-Muñoz et al. (2014) também verificaram que resíduos da parte aérea da vegetação espontânea de *Vicia sativa*, enterrados entre 5-10 cm de profundidade do solo na entrelinha de um pomar de oliveira, no sul da Espanha, apresentaram taxa de decomposição mais elevada do

que aqueles deixados sobre a superfície do solo.



**Figura 2** Fitomassa remanescente da parte aérea após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha de mangueira (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR-sem revolvimento, CR-com revolvimento).  $t_{1/2}$  = tempo de meia vida,  $t_{1/2a}$  = tempo de meia vida do compartimento lábil;  $t_{1/2b}$  = tempo de meia vida do compartimento recalcitrante. Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.

Dessa forma, as maiores taxas de decomposição para todas as misturas de plantas de cobertura no sistema com preparo do solo na entrelinha da mangueira reforçam os impactos imediatos da incorporação dos resíduos vegetais na entrelinha da mangueira sobre a taxa de decomposição, liberação de nutrientes e as perdas de C para a atmosfera.

Em todos os tipos de misturas de plantas, observou-se uma perda de massa mais elevada na fase inicial, principalmente nos primeiros 45 dias, seguida de outra mais lenta, independentemente do preparo do solo. Sendo que no sistema SR, condição mais favorável à decomposição, as perdas de compostos facilmente decomponíveis ocorreram imediatamente após a incorporação da fitomassa ao solo (Figura 2).

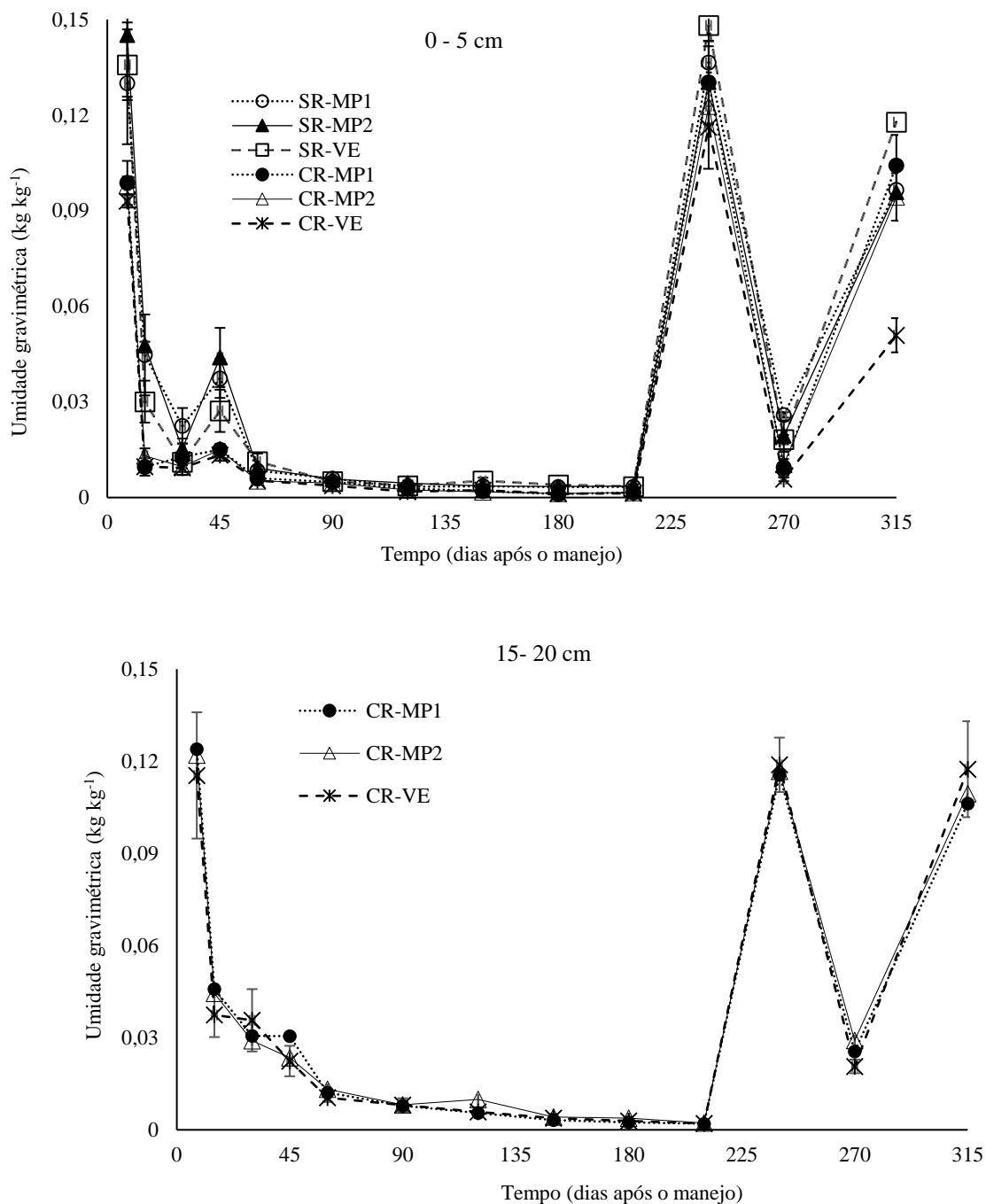
A perda de massa mais acelerada nos primeiros dias deve-se ao ataque microbiano, favorecido pela combinação de temperaturas elevadas e umidade do solo (Figura 3), mantida nessa fase devido ao efeito remanescente da irrigação de salvação, durante o cultivo dos adubos verdes, da própria água presente na biomassa dos resíduos recém incorporados, e também por pequenos eventos de precipitação durante este período, entre maio e agosto de 2015 (Figura 1).

A fase inicial rápida de perda de biomassa é uma tendência típica atribuída à perda de componentes facilmente solúveis dos resíduos vegetais, como carboidratos solúveis, ou nutrientes solúveis (SALL et al., 2003; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Enquanto a perda de biomassa mais lenta, provavelmente, esteja associada ao aumento proporcional da concentração de compostos mais recalcitrantes, como a lignina e os polifenóis, que tende a aumentar com a taxa de decomposição (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; GAMA-RODRIGUES et al., 2007). Adicionalmente, o menor teor de água no solo entre 45 a 200 dias, após o corte e manejo das misturas (Figura 3), devido à suspensão da água de irrigação para o manejo de florescimento da manga, quando associado ao período seco na região (Figura 1), contribuiu para condições menos favoráveis ao processo de decomposição.

A mistura VE também apresentou taxa de decaimento de sua matéria seca menos elevada do que as misturas MP1 e MP2 nos dois tipos de preparo do solo, apresentando maior percentual de massa remanescente ao final do experimento. A maior relação C/N, C/S, relações C/N, maior teor de lignina e menor disponibilidade de N inicial na VE (Tabela 3) deve ter contribuído para diminuir a velocidade de decomposição dos seus resíduos da parte aérea, ao longo do tempo, em relação a MP1 e MP2. Contudo, observa-se que nos primeiros 60 dias, no manejo sem revolvimento do solo, e nos primeiros oito dias no preparo com revolvimento, houve perda de massa na VE superior a MP1 e MP2 (Figura 2).

A maior perda de massa absoluta na VE na fase inicial em relação a MP1 e MP2 deve-se à menor proporção de compostos facilmente decomponíveis, que decresceram linearmente no período inicial. Contudo, aos 60 dias, no preparo sem revolvimento com aumento da proporção progressiva dos materiais mais recalcitrantes, houve diminuição da perda de massa absoluta, mantendo-se constante a taxa de decomposição relativa (Figura 2). Comportamento também observado no preparo com revolvimento (Figura 2), contudo devido às condições mais

favoráveis à decomposição nesse preparo, a perda desses compostos facilmente decomponíveis ocorreu imediatamente após a deposição. E, logo no oitavo dia após o manejo dos adubos verde, já houve diminuição da perda de massa absoluta na VE em relação a MP1 e MP2.



**Figura 3** Umidade gravimétrica na camada de 0-5, ao longo do tempo, na entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo (SR-sem revolvimento, CR-com revolvimento) e após o manejo de três misturas de plantas (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea). Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.

A maior perda de massa de MP1, ao longo do tempo, em relação à VE pode ser compensada pela maior quantidade de fitomassa produzida, 8,18 t ha<sup>-1</sup> contra 6,52 t ha<sup>-1</sup> da VE



(Tabela 4). Dessa forma, aos 315 dias após o manejo da fitomasssa, quando se utilizou o preparo do solo, a fitomassa seca remanescente estimada, pelos modelos ajustados, foi de 16, 17 % para MP1 e 16, 73% e para VE (Figura 2), correspondendo a cerca de 1,32 t ha<sup>-1</sup> e 1,10 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. No manejo sem revolvimento, a fitomassa remanescente estimada foi de 37,35% para MP1, 42,56% para MP2 e de 47,69 % para VE (Figura 2), correspondendo em termos absolutos à 3,05 t ha<sup>-1</sup>, 3,33 t ha<sup>-1</sup> e 3,11 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

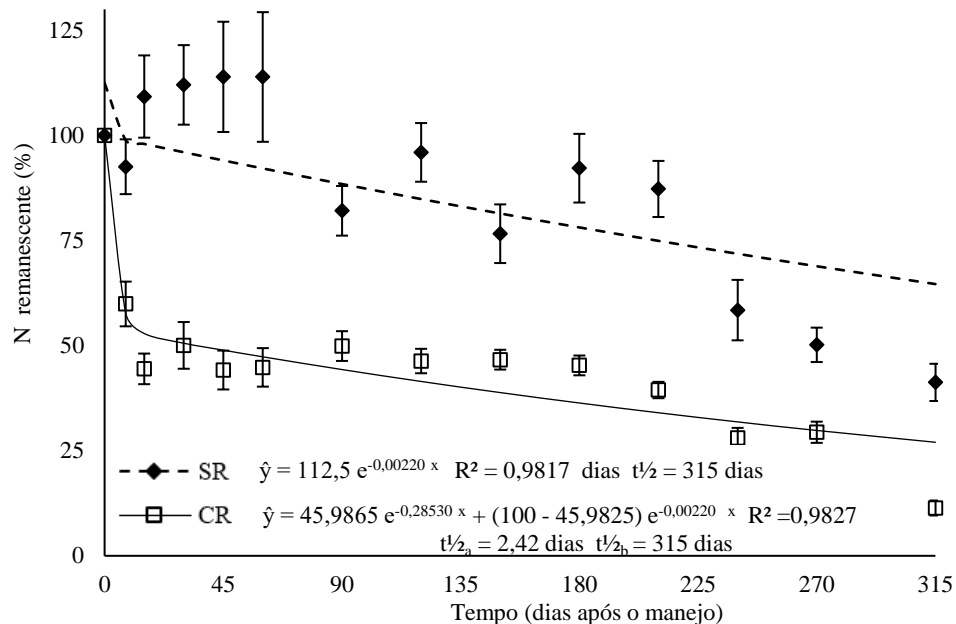
Como a cinética de decomposição do C foi semelhante à da matéria seca, uma vez que o C representa mais de 40% da produção de matéria seca da parte aérea das misturas (Tabela 4), optou-se por não apresentar as suas curvas de liberação de C.

A liberação do N, Ca e Mg não variou entre os tipos de mistura de plantas, somente com o fator preparo do solo ( $p < 0,01$ ) e tempo ( $p < 0,01$ ). A variabilidade do N remanescente durante o intervalo experimental pode ter contribuído para ausência de diferenças entre as misturas de plantas (Figura 4). O N frequentemente é imobilizado pela biomassa microbiana, a depender da quantidade e da qualidade de C-oxidável disponível (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; XU et al., 2017), portanto uma possível variação entre o equilíbrio dos processos de mineralização e imobilização pode estar associada a esse resultado.

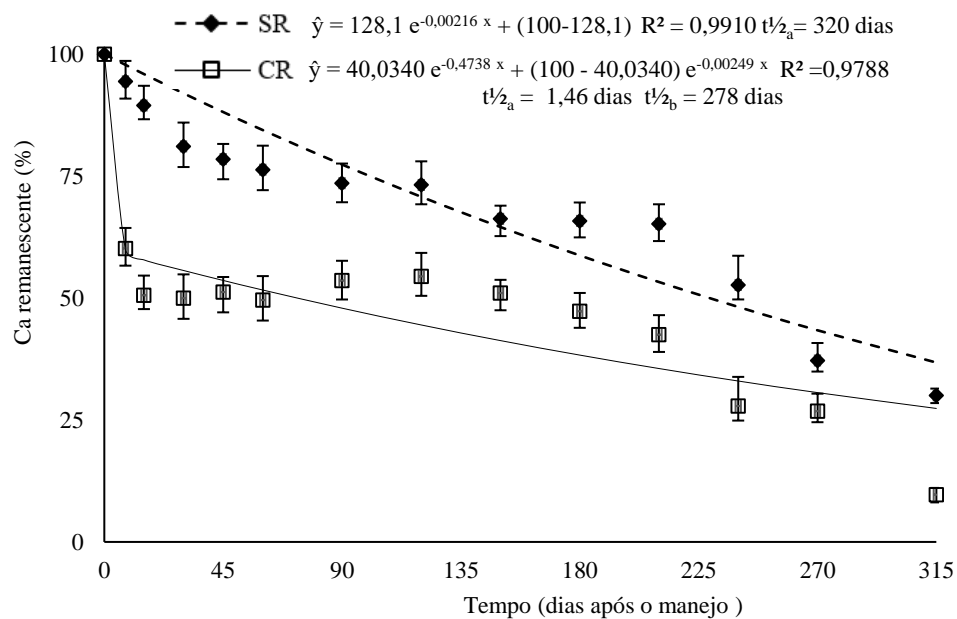
Em relação ao tratamento sem revolvimento do solo, os modelos exponencial simples e assintótico apresentaram maior capacidade preditiva para a cinética de liberação de N (Figura 4) e Ca (Figura 5), respectivamente. A partir dos modelos ajustados, as taxas estimadas de liberação desses nutrientes foram de 0,00220 dia<sup>-1</sup> e 0,00216 dia<sup>-1</sup>, com tempos de meia vida de 315 e 320 dias, para N e Ca, respectivamente. Entretanto, quando a fitomassa foi incorporada ao solo, no tratamento com revolvimento, o modelo exponencial duplo em duas frações (facilmente decomponível e recalcitrante) apresentou a maior capacidade preditiva para ambos os nutrientes. O preparo do solo elevou as taxas de liberação do N (Figura 4) e Ca (Figura 5), de modo que, no compartimento facilmente decomponível 45,98% do N e 40,03% do Ca, foram liberadas as taxas de 0,2853 dias<sup>-1</sup> e 0,4738 dias<sup>-1</sup>, com tempos de meia vida estimados em apenas 2,42 dias e 1,46 dias, respectivamente. Enquanto no compartimento recalcitrante, a taxa de liberação foi de 0,00220 dias<sup>-1</sup> e 0,00249 dias<sup>-1</sup> e tempo de meia vida de 315 e 278 dias para N e Ca, respectivamente, apresentando valores menores em relação ao componente facilmente decomponível e semelhantes aos modelos ajustados para o tratamento sem preparo do solo.

No tratamento sem preparo do solo, logo após o corte e deposição da fitomassa sobre o solo, observou-se pequeno aumento nas percentagens remanescentes de N e Ca (Figuras 4, 5) devido, provavelmente, aos processos de imobilização temporária pelos microrganismos e acúmulo destes nutrientes na fitomassa. Semelhante ao ocorrido nesse estudo, Gómez-Muñoz

et al. (2014) observaram em entrelinhas de oliveiras (*Olea europaea* L.) que plantas de cobertura mantidas sobre a superfície do solo imobilizaram N na fase inicial, não sendo constatado esse processo para aquelas depositadas entre 5-10 cm de profundidade do solo.



**Figura 4** Médias do nitrogênio remanescente da fitomassa da parte aérea após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha de mangueiras (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) em dois sistemas de preparo do solo (SR – sem revolvimento, CR – com revolvimento).  $t_{1/2}$  = tempo de meia vida,  $t_{1/2a}$  = tempo de meia vida do compartimento mais facilmente decomponível;  $t_{1/2b}$  = tempo de meia vida do compartimento recalcitrante. Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.



**Figura 5** Médias do cálcio remanescente da fitomassa da parte aérea após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha de mangueiras (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas,

**MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) em dois sistemas de preparo do solo (SR-sem revolvimento, CR – com revolvimento).  $t^{1/2}$  = tempo de meia vida;  $t^{1/2a}$  = tempo de meia vida do compartimento mais facilmente decomponível;  $t^{1/2b}$  = tempo de meia vida do compartimento recalcitrante. Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.**

Contrário ao observado na superfície para o N e Ca, quando os resíduos foram incorporados, não apresentaram imobilização desses elementos (Figura 4 e 5). Entretanto, deve-se considerar que a incorporação dos resíduos favorece um maior contato desses com a solução do solo, assim a maior disponibilidade de nutrientes na interface sólido-líquido, favorece um maior ataque microbiano inicial e a rápida liberação destes elementos.

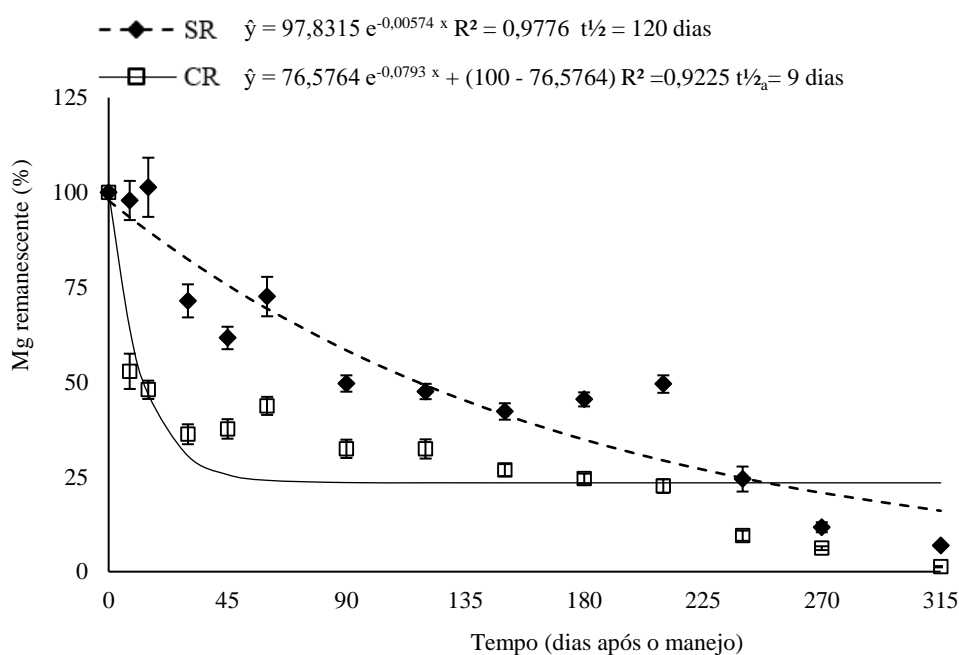
Embora a cinética de liberação do N não tenha variado entre os tipos de mistura, apresentando um modelo único para cada tipo de preparo, como houve maior acúmulo de N na mistura MP1 (157,00 kg ha<sup>-1</sup>) em relação a VE (100,94 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 4), ao final do período de avaliação, considerando o modelos ajustados para cada preparo de solo (Figura 4), pode-se inferir que MP1 liberou 55,51 kg ha<sup>-1</sup> e 114,59 kg ha<sup>-1</sup> de N, enquanto a VE liberou 35,70 kg ha<sup>-1</sup> e 73,68 kg ha<sup>-1</sup> de N, nos tratamentos sem preparo e com preparo do solo, respectivamente. Com esse resultado, destaca-se o potencial de uso da MP1 para uso como adubos verdes na entrelinha de frutíferas perenes. Pois, mesmo que a menor quantidade de matéria seca produzida pela VE seja compensada, ao longo do tempo, por sua menor taxa de decomposição quando comparada a mistura MP1. A qualidade nutricional dessa última mistura tanto contribui para uma maior disponibilidade de N, por exemplo, para o cultivo da mangueira, como também pode inferir qualidade aos agroecossistemas em condições semiáridas, contribuindo para o sequestro de C no solo.

A restauração das condições ecológicas deve incluir a adição de N, pois o aumento do C no solo está diretamente associado à adição desse elemento ao sistema solo (ALVAREZ, 2005; MAZZONCINI et al., 2011; ZOTARELLI et al., 2012; PRASAD et al., 2016). Assim, a inclusão de plantas de leguminosas por meio das misturas MP1 e MP2 exerce papel importante, tanto pela adição de carbono fotossintetizado que adicionam ao solo sua biomassa, como também pela adição de N via fixação biológica (GIONGO et al., 2011). Além disso, os tratamentos com adição de resíduos de leguminosas ricos em carbono lábil, nitrogênio e polissacarídeos podem favorecer a formação de agregados do solo, levando à proteção do C (GARCIA FRANCO et al., 2015).

Para a quantidade de Ca acumulada nas misturas de plantas, como não houve diferença entre a taxa de liberação e entre os acúmulos desse nutriente, em termos absolutos, aos 315 dias

após a deposição das fitomassas em média 58,63 kg ha<sup>-1</sup> e 67,44 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, foram liberados no preparo sem e com revolvimento do solo, respectivamente, considerando os modelos ajustados para os preparos (Figura 5).

A liberação de Mg, descrita pelos modelos exponencial simples e assintótico nos tratamentos sem e com preparo do solo, respectivamente, apresentou fase inicial acelerada (Figura 6). A rápida liberação do Mg da fitomassa para o solo ocorre devido este elemento estar presente na planta em compostos iônicos ou em moléculas solúveis (Taiz e Zeiger, 2013). As taxas de liberação Mg foram de 0,00574 dia<sup>-1</sup> e 0,07930 dia<sup>-1</sup> e os tempos de meia vida 120 dias e 9 dias para os tratamentos SR e CR, respectivamente (Figura 6). Os tratamentos SR e CR, ao término das avaliações (315 dias), liberaram aproximadamente a mesma quantidade de Mg, 30 kg ha<sup>-1</sup> ou 80 % do Mg contido na fitomassa (Tabela 4).



**Figura 6** Médias do magnésio remanescente da fitomassa da parte aérea após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha de mangueiras (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) em dois sistemas de preparo do solo (SR – sem revolvimento; CR – com revolvimento).  $t_{1/2}$  = tempo de meia vida;  $t_{1/2a}$  = tempo de meia vida do compartimento mais facilmente decomponível. Barras representam o erro padrão da média. Petrolina, PE.

A liberação do P e K foi influenciada pelos fatores individuais: preparo do solo ( $p < 0,01$ ), mistura de plantas de cobertura ( $p < 0,01$ ) e tempo ( $p < 0,01$ ) e pelas interações preparo do solo *versus* tempo ( $p < 0,01$ ) e mistura de plantas de cobertura *versus* tempo ( $p < 0,01$ ) e, além dessas interações, o K variou com o preparo do solo *versus* misturas de plantas de cobertura ( $p < 0,05$ ). Como os fatores individuais para P e K foram significativos, foi desdobrado modelo

para cada mistura dentro de cada preparo de solo, facilitando estimar a quantidade absoluta desses nutrientes disponibilizados ao longo do tempo, assim como para a massa remanescente.

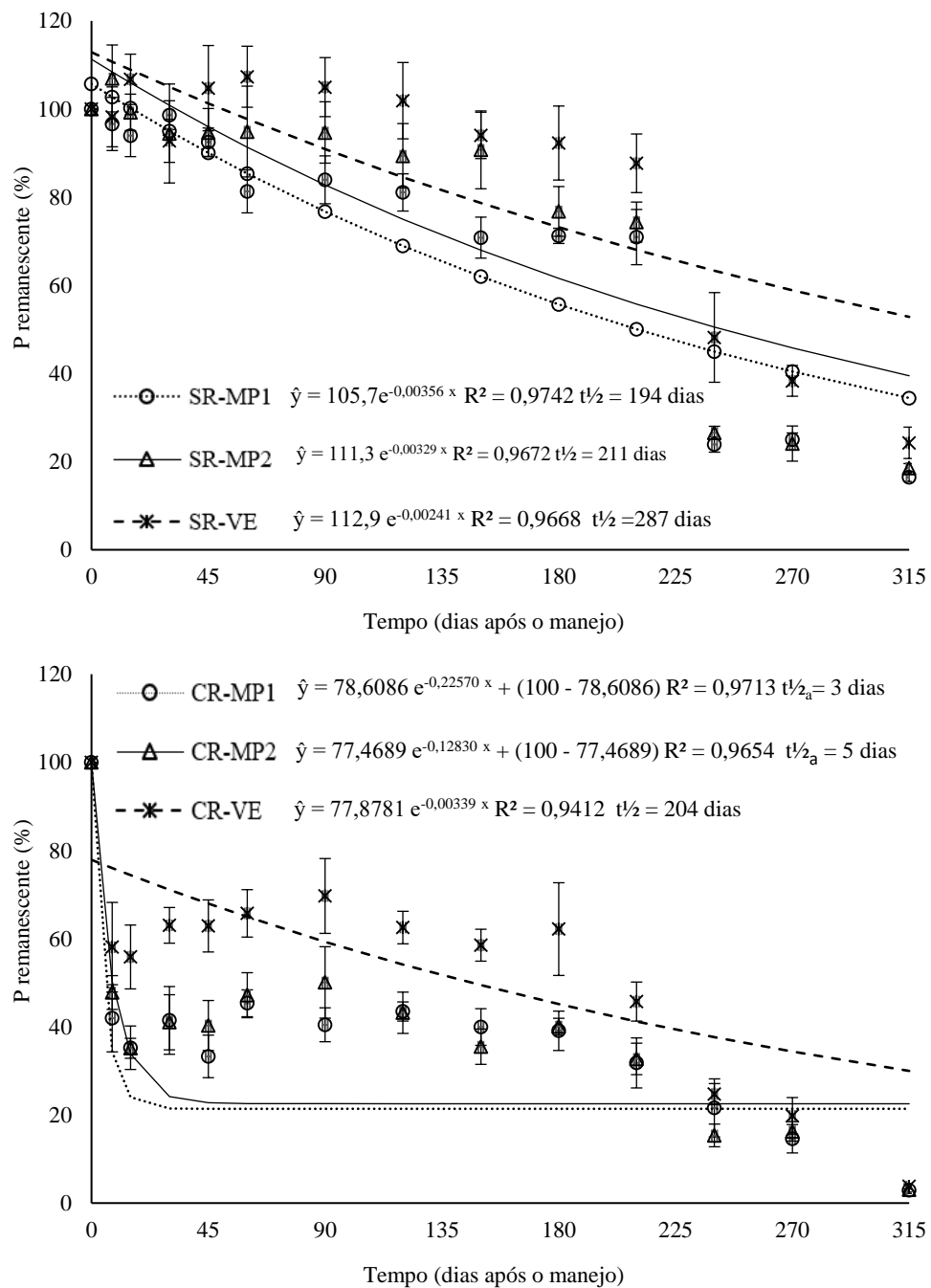
No tratamento sem revolvimento do solo, a liberação de P nas misturas de plantas de cobertura ajustou-se ao modelo exponencial simples, no qual a MP1 apresentou a maior taxa de liberação desse nutriente ( $0,00356 \text{ dia}^{-1}$ ), seguida da MP2 ( $0,00329 \text{ dia}^{-1}$ ) e da VE ( $0,00241 \text{ dia}^{-1}$ ), com tempos de meia vida de 194 dias, 211 dias e 287 dias, respectivamente (Figura 7). Com relação ao tratamento com revolvimento do solo, a liberação do P de MP1 e MP2 ajustaram-se ao modelo assintótico, sendo o P associado ao compartimento facilmente decomponível liberado a taxa de  $0,22570 \text{ dia}^{-1}$  em MP1 e de  $0,12830 \text{ dia}^{-1}$  em MP2, com tempos de meia vida dessa fração de apenas 3 e 5 dias para MP1 e MP2, respectivamente. Para a VE, a liberação de P, no preparo do solo com revolvimento, foi ajustada ao modelo exponencial simples com taxa de liberação desse nutriente de  $0,00339 \text{ dia}^{-1}$  e tempo de meia vida de 204 dias (Figura 7).

Ao longo do período de avaliação, no tratamento sem revolvimento do solo, a taxa de liberação de K foi constante, ajustada ao modelo exponencial simples e com valores de  $0,00583 \text{ dia}^{-1}$ ,  $0,00488 \text{ dia}^{-1}$  e  $0,00473 \text{ dia}^{-1}$  para MP1, MP2 e VE, respectivamente (Figura 8). No tratamento com preparo do solo, MP1 e MP2 apresentaram taxas de liberação de K semelhantes ( $0,09900 \text{ dia}^{-1}$  e  $0,09110 \text{ dia}^{-1}$ , respectivamente) e superiores a VE ( $0,01700 \text{ dia}^{-1}$ ) (Figura 8). As maiores taxas de liberação estimadas pelos modelos ajustados nas misturas de plantas de cobertura cultivadas em relação a VE, tanto no tratamento sem quanto no com revolvimento do solo, contribuíram para os menores tempos de meia vida do K.

Dessa forma, mesmo com a ocorrência de diferenças na liberação de K entre os dois preparos e entre as misturas de plantas, ao final do experimento, os valores de K remanescentes nas misturas variaram entre 17 e 22% nas subparcelas sem revolvimento do solo (Figura 7A) e de 14,00 a 16% no preparo com revolvimento do solo (Figura 7B). Sendo praticamente todo K contido das fitomassas das misturas de plantas disponibilizado ao solo. Leite et al. (2010), também, trabalhando com liberação de K em plantas de cobertura, observaram que houve diferenças entre os tratamentos em quase todos os tempos de coleta, com exceção do último (aos 100 dias), quando os tratamentos não diferiram entre si.

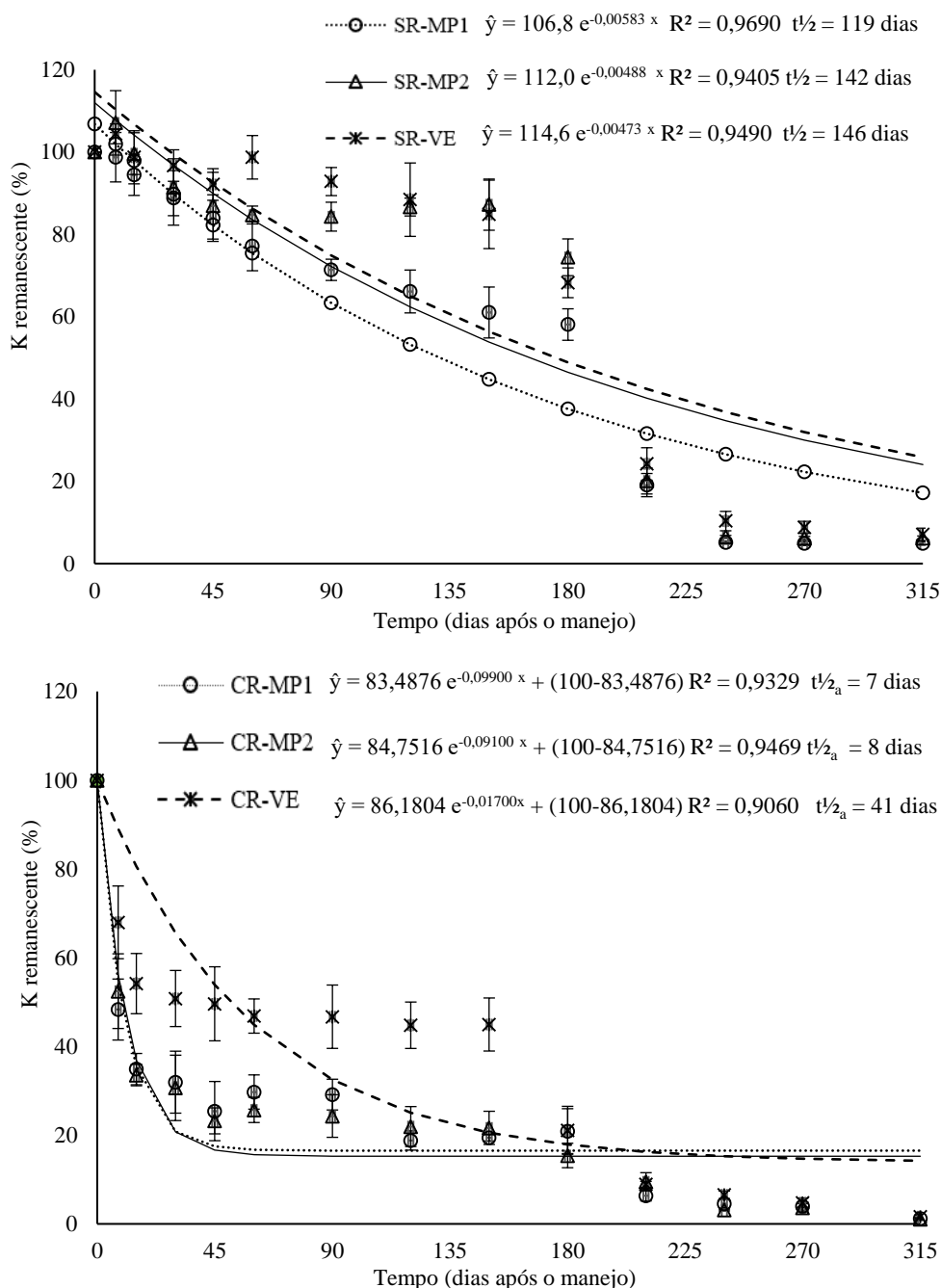
Estudos de decomposição de fitomassa apontam para a rápida liberação do K na fase inicial do estudo (AITA e GIACOMINI, 2003; GAMA- RODRIGUES et al., 2007; LEITE et al., 2010; TEIXEIRA et al., 2010; GÓMEZ-MUÑOZ et al., 2014; XAVIER et al., 2017). A perda rápida de K, está relacionada ao fato desse elemento em células vegetais não fazer parte integrante de estruturas orgânicas "estáveis" (MARSCHNER, 1995; GAMA-RODRIGUES et

al., 2007; GÓMEZ-MUÑOZ et al., 2014). Logo um dos principais mecanismos que governam a saída do K dos resíduos, é a lixiviação, não sendo, portanto, a mineralização um dos pré-requisitos para a transferência desse elemento para o solo. Contudo, nesse estudo, a menor liberação do K dos resíduos deixados sobre a superfície do solo, (Figura 8), pode estar associada somente ao efeito de concentração desse nutriente na massa remanescente, na qual, possivelmente, a quantidade de água não foi suficiente para sua lixiviação.



**Figura 7** Fósforo remanescente da fitomassa da parte aérea após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha de mangueira (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois

sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento).  $t_{1/2}$  = tempo de meia vida;  $t_{1/2a}$  = tempo de meia vida do compartimento mais facilmente decomponível. Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.



**Figura 8** Potássio remanescente da fitomassa da parte aérea após o manejo de três misturas de plantas de na entrelinha de mangueira (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR-sem revolvimento, CR-com revolvimento).  $t_{1/2}$  = tempo de meia vida;  $t_{1/2a}$  = tempo de meia vida do compartimento mais facilmente decomponível. Barras representam o erro padrão da média. Petrolina-PE.

A análise de correlação (Tabela 5) da matéria seca remanescente (MREM) e da percentagem remanescente de nutrientes (MRN), ao longo do experimento, entre algumas

características dos resíduos das misturas, mostrou que a MREM e a MRN foram inversamente proporcionais aos teores de N, Ca, lignina e as relações, Lignina/N e Lignina/P e diretamente proporcionais aos teores de C, K, Mg, hemicelulose, celulose e relação C/N. O P apresentou correlação positiva apenas com o percentual remanescente de P, K Ca e Mg. Esses nutrientes também apresentaram percentuais remanescentes inversamente proporcionais à relação C/P.

Esses resultados indicam que à medida que houve diminuição de N e Ca na fitomassa dos resíduos e o com o aumento do teor de C e da relação C/N e dos teores de celulose e hemicelulose, houve diminuição na taxa de decomposição e liberação de nutrientes. A baixa disponibilidade de N, e aumento do C em forma recalcitrantes, assim como o aumento da relação C/ N, têm sido comumente correlacionados como características preditivas da decomposição e liberação de nutrientes (GIACOMINI et al., 2003; GAMA- RODRIGUES et al., 2007).

A celulose representa uma importante fonte de C para comunidades de decomposição microbianas, constituindo cerca de um terço da biomassa total da planta (SOMERVILLE, 2006), entretanto esse biopolímero pode se apresentar mais recalcitrante do que outros compostos orgânicos devido a sua composição interna de unidades de glicose ligadas a  $\beta$ , resultando em estruturas de fibras longas (PEREZ et al., 2002), formando com a lignina o chamado complexo de "lignocelulose" que, em concentração elevada, pode ocasionar diminuição no processo de decomposição.

**Tabela 5 Coeficientes de correlação de Pearson entre as quantidades remanescentes de matéria seca e de nutrientes com as características químicas dos resíduos, ao longo do tempo de decomposição.**

Características	Quantidade remanescente					
	MS	N	P	K	Ca	Mg
C	0,56**	0,49**	0,61**	0,53**	0,53**	0,50**
N	-0,42**	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,34**	-0,38**	-0,24**	-0,29 <sup>ns</sup>
P	0,00 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,30**	0,11*	0,20*	0,10 <sup>ns</sup>
K	0,65**	0,52**	0,74**	0,85**	0,67**	0,69**
Ca	-0,51**	-0,41**	-0,33**	-0,36**	-0,14**	-0,29**
Mg	0,27**	0,22**	0,37**	0,38**	0,49**	0,60**
S	-0,03 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,03 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
Lig	-0,75**	-0,58**	-0,61**	-0,68**	-0,61**	-0,61**
Hem	0,17 <sup>ns</sup>	0,28**	0,21**	0,18*	0,09 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Cel	0,52**	0,45**	0,54**	0,53**	0,41**	0,35**
C/N	0,56**	0,27**	0,53**	0,51**	0,38**	0,42**
C/P	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,28**	-0,13*	-0,20*	-0,12*
C/S	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>
lig/N	-0,50**	-0,57**	-0,42**	-0,45**	-0,43**	-0,43**
lig/P	-0,63**	-0,53**	-0,69**	-0,62**	-0,65**	-0,59**

<sup>ns</sup> Não significativo, \* e \*\* significativo (p<0,05) e (p<0,01), respectivamente; C - carbono; N - nitrogênio; P - fósforo; K - potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; S - enxofre; Lig - lignina; Cel - celulose; Hem - hemicelulose.

A qualidade dos resíduos é considerada um fator de controle muito importante da decomposição nas escalas locais e as variações entre as taxas de decomposição entre diferentes



resíduos têm sido comumente relacionadas a concentrações iniciais (e proporções) de nutrientes (VAIERETTI et al., 2005). A relação inversa entre os teores de lignina e as relações lignina/N e lignina/P e os percentuais de massa remanescente e da maioria dos nutrientes indicam o aumento progressivo de materiais recalcitrantes e, com isso, quanto menor a percentagem de matéria seca e de nutrientes, ocorre aumento da concentração de lignina, por exemplo; por conseguinte, aumento nas relações desse componente com o N e P.

## 4 CONCLUSÕES

O preparo do solo do solo não exerceu influência sobre a produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes nas diferentes misturas de plantas;

A mistura de planta de cobertura com predomínio de leguminosas (MP1) pode ser uma opção viável, em relação à vegetação espontânea, quando a estratégia principal do agroecossistema é a ciclagem de N;

Para todas as misturas de plantas, ocorre uma maior taxa de decomposição e liberação de nutrientes quando os resíduos são incorporados ao solo. Essa prática de manejo pode aumentar o assincronismo entre a taxa de liberação de nutrientes por parte das misturas de plantas e a demanda das frutíferas em agroecossistemas no semiárido;

Independentemente do tipo de manejo do solo, as taxas de decomposição e liberação de P e K apresentaram a seguinte ordem decrescente: MP1 (maior proporção de leguminosas) > MP2 (maior proporção de gramíneas e oleaginosas) > vegetação espontânea (VE); e

A utilização de mistura de plantas de cobertura, independentemente do predomínio de leguminosas ou não leguminosas, e o não revolvimento do solo são estratégias tecnológicas que podem ser adotadas para favorecer o acúmulo de carbono no solo e a ciclagem de nutrientes em agroecossistemas de frutícolas no semiárido brasileiro.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 601-612, 2003.

ALMEIDA, D. D. O.; BAYER, C. ALMEIDA, C. FAUNA e atributos microbiológicos de um Argissolo sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1140-1147, 2016.

ALMEIDA K, CAMARA F. L. A. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, p. 55-62, 2011.

ALVAREZ, R. A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon. **Soil Use Manage**, v. 21, p. 38-52, 2005.

ANDERSON, J. D; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility**: A handbook of methods. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 1996. 171 p.

BAYER, C.; GOMES, J.; ACCORDI, J.; COSTA, F.; VIEIRA, B.; CÁSSIA, M.; SIX, J. Soil nitrous oxide emissions as affected by long-term tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 146, p. 213–222, 2015.

BLANCO-CANQUI, H. Crop residue removal for bioenergy reduces soil carbon pools: how can we offset carbon losses? **Bioenergy Research**, v. 6, p. 358-371, 2013.

CHRISTENSEN, B.T. Wheat and barley straw decomposition under field conditions: effect of soil type and plant cover on weight loss, nitrogen and potassium content. **Soil Biology Biochemistry**, v.17, p. 691-697, 1985.

CODY, R. An Introduction to SAS University Edition. 2015. Disponível em: <[https://www.sas.com/pt\\_br/home.html](https://www.sas.com/pt_br/home.html)>. Acesso em: 20 de junho de 2016.

CONCEIÇÃO P. C; DIECKOW, J.; BAYER, C.; Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. **Soil and Tillage Research**, v. 129, p.40-47, 2013.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. 2.ed. Rome: FAO, 1977. 156p. FAO Irrigation and Drainage Paper, 24.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2013, 353 p.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia, 2004. 24 p. (Embrapa Agrobiologia, Documentos,174).

FRANCHINI, J. C.; PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M. Redistribution of phosphorus in soil through cover crop roots. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, p. 381-386. 2004.

FREITAS, M. S. C.; ARAÚJO, C. A. S.; SILVA, D. J. Decomposição e liberação de nutrientes de esterco em função da profundidade e do tempo de incorporação. **Revista Semiárid Visu.** v. 2, p. 150-161, 2012.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes em resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo vermelho-amarelo na Região Noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.1421-1428, 2007.

GARCIA-FRANCO, N.; ALBALADEJO, J.; ALMAGRO, M.; MARTÍNEZ-MENA, M. Beneficial effects of reduced tillage and green manure on soil aggregation and stabilization of organic carbon in a Mediterranean agroecosystem. **Soil and Tillage Research**, v.153, p. 66-75, 2015.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA M.; NICOLOSO, R. S.; M. R. FRIES. Matéria seca, relação c/n e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334, 2003.

GIONGO, V.; MENDES, A. M. S.; GAVA, C. A. T.; CUNHA, T. J. F. GALVÃO, S. R.S. The decomposition and release of nutrients by plant mixtures in the Brazilian semi-arid regions. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 611-618, 2011.

GOMES, T. C. A.; SILVA, M. S. L.; SILVA, J. A. M; CARVALHO, N. C. S; SOARES, E. M. B. **Padrão de decomposição e liberação de nutrientes de adubos verdes em cultivos de uva e manga do Submédio São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 71).

GÓMEZ-MUÑOZ, B; HATCH, D. J.; BOL, R.; GARCÍA-RUIZ, R. Nutrient dynamics during decomposition of the residues from a sown legume or ruderal plant cover in an olive oil orchard. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 184, p. 115–123, 2014.

JENNY, H.; GESSEL, S. P.; BINCHAM, F. T. Comparative studies of the decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. **Soil Science**, v. 68, p. 419-432, 1949.

LAL, R.; REICOSKY, D. C.; HANSON, J. D. Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. **Soil and Tillage Research**, v. 93, p. 1-12, 2007.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SPAIN, A.; TOUTAIN, F.; BAROIS I.; SCHAEFER R. A hierarchical model for decomposition in Terrestrial ecosystems - application to soils of the humid tropics. **Biotropica**, v. 25, p. 130–150, 1993.

LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. C. A.; SAGRILO, E.; GALVÃO S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 29-35, 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2 ed. Academic Press, London, 1995.

MAZZONCINI, M.; SAPKOTA, T. B.; BÀRBERI, P.; ANTICHI, D.; RISALITI, R. Long-term effect of tillage, nitrogen fertilization and cover crops on soil organic carbon and total nitrogen content. **Soil and Tillage Research**, v. 114, p.165–174, 2011.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A. Influência de métodos de digestão e massa de amostra na recuperação de nutrientes em resíduos orgânicos. **Química Nova**, v. 31, p. 556-561, 2008.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2006. p. 213-220.

PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. **Soil Biology and Biochemistry**, v.23, p.83-88, 1991.

PEREZ, J.; MUNOZ-DORADO, J.; DE LA RUBIA, T.; MARTINEZ, J. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. **Int Microbiol**, v. 2, p. 53-63, 2002

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubo verde em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 35-40, 2004.

PRASAD, J. V. N. S.; SPINIVASA RAO, C. H.; SPINIVAS, K.; NAGA JYOTHI, C. H.; VENKATESWARLU, B.; RAMACHANDRAPPA, B. K.; DHANAPAL, G. N.; RAVICHANDRA, K.; MISHRAD, P. K. Effect of ten years of reduced tillage and recycling of organic matter on crop yields, soil organic carbon and its fractions in Alfisols of semiarid tropics of southern India. **Soil and Tillage Research**, v. 156, p. 131–139, 2016.

RAO, I. M.; AYARZA, M. A; GARCIA, R. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils I. differences in plant growth, nutrient acquisition and nutrient utilization among C<sub>4</sub> grasses and C<sub>3</sub> legumes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 18, p. 2135-2155, 1995.

REZENDE, C. P.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R.; MACEDO, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K. E.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.54, p.99-112, 1999.

ROBERTSON, J.B.; van SOEST, P.J. **The detergent system of analysis and its application to human foods**. In: JAMES, W.P.T.; THEANDER, O. (Eds.). The analysis of dietary fiber in food. New York: Marcel Dekker, 1981. p.123-158.

SALL, S. N.; MASSE, D.; BERNHARD-REVERSAT, F.; GUISSSE, A.; CHOTTE, J. L. Microbial activities during the early stage of laboratory decomposition of tropical leaf litters: the effect of interactions between litter quality and exogenous inorganic nitrogen. **Biology and Fertility of Soils**, v. 39, p.103-111, 2003.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SOMERVILLE, C. Cellulose synthesis in higher plants. **Annual review of cell and developmental biology**, v. 22, p. 3-78, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, p. 2013, 954p.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J.; PEREIRA, J. M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-deporco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 497-505, 2010.

THÖNNISSEN, C.; MIDMORE, D. J.; LADHA, J. K.; OLK, D. C.; SCHMIDHALTER, U. Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manures to tropical vegetable production systems. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 253-260, 2000.

VAIERETTI, M. V.; HARGUINDEGUY, N. P.; GURVICH, D. E.; CINGOLANI, A. M.; CABIDO M. Decomposition dynamics and physico-chemical leaf quality of abundant species in a montane woodland in central Argentina. *Plant and Soil*, v. 278, p. 223-234, 2005.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.

WANG, G.; NGOUAJIO, M.; WARNCKE, D. D. Nutrient Cycling, Weed Suppression, and Onion Yield Following Brassica and Sorghum Sudangrass. **Cover Crops Horttechnology**, v. 18, p. 68-74, 2008.

WIDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecological Society of America**, v. 63, p. 1636-1642, 1982.

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; RIBEIRO, K.A.; MENDONÇA, E. S.; OLIVEIRA, T. S. Effect of cover plants on soil C and N dynamics in different soil management systems in dwarf cashew culture. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, v. 165, p. 73–183, 2013.

XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, J. I. A.; SILVA, M. R. Decomposition and Nutrient Release dynamics of shoot phytomass of cover crops in the Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.41, p. 1-14, 2017.

XU, Y.; CHEN, Z. S.; FONTAINE, E.; WANG, W.; LUO, J.; FAN, J.; DING, W. Dominant effects of organic carbon chemistry on decomposition dynamics of crop residues in a Mollisol. **Soil Biology e Biochemistry**, v.115, p. 221-232, 2017.

ZIBILSKA, L. M.; MATERON, L. A. Biochemical properties of decomposing and corn stem and root residues. **Soil Science Society of America Journal**, v.69, p. 378-386, 2005.

ZOTARELLI, L.; ZATORRE, N. P.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C.P.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, B. J. R. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. **Field Crops Research**, v.132, p. 185-195, 2012.

**CAPÍTULO III**  
**ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO EM AGROECOSSISTEMA DE MAGUEIRA**  
**NO SEMIÁRIDO**

FREITAS, M. S. C. Universidade Federal da Paraíba: fevereiro de 2018. **Estoque de carbono do solo em agroecossistema de mangueira no semiárido**

### RESUMO

A adoção de agroecossistemas multifuncionais de frutíferas perenes com cultivo intercalar de misturas de plantas (coquetéis vegetais) pode ser uma estratégia importante para o sequestro de carbono (C) no solo em condições semiáridas irrigadas. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do sistema de preparo do solo e o cultivo de diferentes misturas de planta na entrelinha de um agroecossistema de mangueira no estoque de C do solo e em seus compartimentos, em condições semiáridas irrigadas. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com quatro repetições, com arranjo em parcelas subsubdivididas; as parcelas foram constituídas de dois preparos do solo, sem revolvimento (SR) e com revolvimento (CR); as subparcelas por três misturas de plantas vegetais, MP1 - 75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2 - (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas e VE - vegetação espontânea; e as subsubparcelas pelo local de amostragem, linha (L) e entrelinha (EL) de cultivo da manga. Após seis anos, verificou-se aumento no estoque de C, na maioria das camadas do solo avaliada, tanto para linha, como na entrelinha de cultivo da manga em relação aos valores encontrados no início do experimento. Os sistemas de manejo adotados no agroecossistema de mangueira apresentaram estoque de C inferior à área sob vegetação de caatinga. O cultivo da mistura de planta MP1 na entrelinha promove aumento no estoque de C na linha de cultivo da mangueira. Independentemente do sistema de preparo do solo, o cultivo da mistura de planta MP1 favoreceu o aumento do estoque de C total do solo e em suas frações e promoveu aumento do índice de manejo de C do solo na camada de 0-40 cm.

Palavras-chave: índice de manejo de carbono, misturas de plantas, carbono particulado



FREITAS, M. S. C. Universidade Federal da Paraíba: fevereiro de 2018. **Soil carbon stock in a semi-arid mango crop agroecosystem.**

### ABSTRACT

The adoption of multifunctional agroecosystems of perennial fruits - crop mixtures (plant cocktails) intercropping may be an important strategy for the carbon (C) sequestration in irrigated soil from semi-arid conditions. The objective of this study was to evaluate the effect of the soil preparation system and the cultivation of different plant mixtures in the inter-rows of a mango crop agroecosystem in the soil C stock and in its compartments in irrigated semi - arid conditions. The experimental design was a randomized complete block design, with four replications, arranged in sub-subplots, the plots consisted of two soil preparation, no-tillage (NT) and tillage (T), the subplots were three plant mixtures, PM1 - 75% legumes + 25% grasses and oilseeds, PM2 - (25% legumes + 75% grasses and oilseeds) and SV - spontaneous vegetation and the sampling site, row (R) and inter-row (IR) of mango cultivation as sub-subplot. After six years, there was an increase in C stock in most of the soil layers evaluated, for both row and inter-row mango cultivation related to the values found at the beginning of the experiment. The management systems adopted in the mango crop agroecosystem showed a lower C stock than the area under Caatinga vegetation. The cultivation of the PM1 plant mixture in the inter-row promoted an increase of the C stock in mango crop row. Regardless of the soil preparation system, the growing of the PM1 plant mixture favored an increase of the total soil C stock and its fractions and promoted an increase in the soil C management index in the 0-40 cm layer.

Key Work: carbon management index, plant mixtures, particulate carbon.

## 1 INTRODUÇÃO

O acúmulo de carbono (C) nos solos cultivados é uma medida importante para avaliar a qualidade, a sustentabilidade e a resiliência dos agroecossistemas e também um potencial sumidouro de CO<sub>2</sub> atmosférico (LAL, 2015). Dessa forma, a agricultura não é apenas designada para produzir alimentos, mas tem o potencial de fornecer uma gama de serviços ecossistêmicos, dependendo das opções de gerenciamento adotadas em escala de campo, principalmente no tocante ao sequestro de C no solo.

No Semiárido Tropical brasileiro, os pomares de árvores frutíferas irrigadas têm sido uma alternativa econômica de exploração agrícola. Contudo, os cultivos, em sua maioria, ocorrem em solos arenosos com baixa proteção da matéria orgânica. Além disso, o manejo da entrelinha de cultivos perenes, geralmente, está associado à roçagem constante da vegetação espontânea e/ou à incorporação dos seus resíduos orgânicos ao solo. Assim, as práticas adotadas nos sistemas de produção, comumente, resultam em fonte líquida de CO<sub>2</sub> (através da mineralização do carbono orgânico).

Contudo, agroecossistemas de frutíferas no semiárido podem ser drenos potenciais de C atmosférico, desde que sejam adotadas práticas de manejo adequadas. Por exemplo, foi documentado que um pomar de pêssgo comercial (*Prunus persica*) no mediterrâneo pode ter um equilíbrio líquido de C no ecossistema, variando de 90 até 730 g C m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>, dependendo das práticas de manejo adotadas. Além disso, 25 Mg C ha<sup>-1</sup> são armazenados da biomassa aérea e radicular ao longo da vida útil do pomar (MONTANARO et al., 2016).

Práticas de manejo do solo que reduzem a perturbação, associadas com a maior ciclagem e com a adição de resíduos orgânicos, tais como o uso de adubo verde e o plantio direto, contribuem para uma menor exposição do C às condições de oxidação (temperatura, umidade e aeração) e o aumento dos teores e estoque de C (CONCEIÇÃO et al., 2013; XAVIER et al. 2013; GARCIA-FRANCO et al., 2015). O uso de adubos verdes sem o preparo do solo destaca-se pela manutenção da cobertura do solo, pela adição de nitrogênio e pela ciclagem de nutrientes, pela redução da erosão do solo (PERIN et al., 2004; GOMES et al., 2005; LAL et al., 2007; BLANCO-CANQUI, 2013), pela mitigação de emissão de gases do efeito estufa (BAYER et al., 2015), pelo aumento da eficiência e pela produtividade da água, pelo aumento e pela diversidade biológica do ambiente, entre outros (ESPÍNDOLA et al., 2004; ALMEIDA et al., 2016), podendo, assim, compor sistemas agrícolas multifuncionais sustentáveis para o semiárido.

Neste contexto, o cultivo intercalar de mistura de espécies leguminosas, não-leguminosas e oleaginosas, associadas ao não revolvimento do solo em cultivos perenes irrigados pode ser uma importante estratégia para promover o aumento de C dos solos, equilibrando as taxas de adição e decomposição (GIONGO et al., 2011), mantendo assim o conteúdo C total em suas frações lábeis e não lábeis, no mínimo, semelhantes aos encontrados em solos do semiárido tropical.

A matéria orgânica do solo (MOS) é a principal propriedade indicadora da sustentabilidade de um sistema de cultivo (STEVENSON, 1994; CANELLAS e SANTOS, 2005; CONCEIÇÃO et al., 2005). Contudo, em algumas situações, principalmente naquelas em que mudanças de uso do solo ou alterações no sistema de manejo foram recentemente adotadas, a MOS solo pode não ser um eficiente discriminador das alterações na qualidade do solo (CONCEIÇÃO et al., 2005). Nesse caso, o fracionamento do C pode aumentar essa sensibilidade, pois as frações do C apresentam diferentes dinâmicas *turnover*, por exemplo, as frações do C lábil têm as taxas de ciclagem mais rápida, enquanto a fração não-lábil é mais resistente à decomposição microbiana. Nesse sentido, o fracionamento granulométrico do C em seus compartimentos pode auxiliar na avaliação das modificações decorrentes do uso do solo em diferentes situações, principalmente naquelas em que mudanças do uso ou alterações no sistema de manejo foram recentemente adotadas (CAMBARDELLA e ELLIOTT, 1992; BAYER et al., 2004; CONCEIÇÃO et al., 2005).

No fracionamento granulométrico, são separados, por peneiramento via úmida, o C orgânico particulado (Cp), na fração lábil maior que 53  $\mu\text{m}$ , e o carbono associado à fração mineral (Cam), menor que 53  $\mu\text{m}$ . De acordo com Conceição et al. (2005), a fração Cp é a mais sujeita a mudanças resultantes do manejo do solo e, portanto, pode ser utilizada como indicador mais sensível da qualidade do solo. A partir de dados do fracionamento granulométrico, é possível obter-se o índice de manejo de C (IMC), proposto por Blair et al. (1995), que relaciona o estoque de C do solo e sua labilidade, calculados com base em um sistema de referência. Esse índice também tem sido utilizado como ferramenta para detectar mudanças no C do solo e para comparar diferentes sistemas de manejo (DIECKOW et al., 2009; GUARESCHI et al., 2013).

Ainda que a proposição de sistemas agrícolas sustentáveis e quantidade de estudos que abordam os aspectos quantitativos e qualitativos do C do solo sejam crescentes, percebe-se a falta de informações sobre esse assunto, em condições semiáridas irrigadas, limitando o desenvolvimento de tecnologias para estabelecer sistemas sustentáveis, bem como para analisar o papel do solo como fonte ou dreno do C-CO<sub>2</sub> da atmosfera para essa região.

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do sistema de preparo do solo e o cultivo de diferentes misturas de planta na entrelinha de um agroecossistema de mangueira no estoque de C do solo e em seus compartimentos, em condições semiáridas irrigadas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local do estudo

O estudo foi conduzido no campo experimental da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE (09°09'S, 40°22'W, altitude 366 m), em um experimento de longa duração com mangueira (*Mangifera indica* L. 'Kent'). O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico plântico (Embrapa, 2013), textura média/argilosa, de relevo plano. O clima da região é do tipo BSwH' (Köppen), semiárido, com precipitação média anual de 567 mm e temperatura do ar média anual variando entre 24,2°C e 28,2°C.

A área com vegetação nativa tipo caatinga hiperxerófila foi convertida em sistema agrícola em 1972 e cultivada durante 16 anos com as culturas anuais do milho (*Zea mays* L.), feijão (*Vigna unguiculata* L.) e melancia (*Citrullus lanatus* L.); seguida por cultivo de tâmara (*Phoenix dactylifera* L.) durante 20 anos, em sistema convencional de plantio. A cultura da manga foi implantada em 2008 e, em dezembro de 2009, deu-se início ao cultivo de diferentes misturas de plantas (coquetéis vegetais) utilizadas como adubos verdes, sendo realizado o semeio por seis anos consecutivos (2009/2010; 2010/2011; 2012; 2013; 2014; e 2015).

Antes da implantação da cultura da manga, foi realizada a caracterização química e física do solo (Tabela 1).

**Tabela 1 Caracterização química e física do solo antes da instalação do experimento. Petrolina-PE, 2008.**

Camada	pH (H <sub>2</sub> O)	C	P	K	Ca	Mg	Areia	Silte	Argila	ds
(cm)		g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----g kg <sup>-1</sup> -----			g cm <sup>-3</sup>
0-5	7,05	3,68	50,79	0,45	2,38	1,03	868,45	77,90	53,65	1,50
5-10	6,85	2,96	37,88	0,34	1,96	0,94	869,24	65,11	65,66	1,56
10-20	6,75	2,72	32,96	0,29	1,62	0,80	871,67	63,48	65,58	1,64
20-40	6,49	1,63	29,54	0,24	1,33	0,70	868,83	50,58	80,80	1,67

ds = densidade do solo.

### 2.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em arranjo de parcelas subsubdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de dois preparos do solo, sem revolvimento (SR) e com revolvimento (CR); as subparcelas formadas por três misturas de plantas (MP) (coquetéis vegetais), sendo MP1 - 75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2 - 25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas e VE - vegetação espontânea; e as subsubparcelas dois locais de amostragem linha de cultivo da manga (L) e entrelinha de cultivo (EL). Cada subparcela foi constituída por três linhas com três árvores

de mangueira, totalizando vinte sete árvores por parcela. O espaçamento entrelinhas foi 8 m e o espaçamento entre árvores na linha foi 5 m (subparcela de  $24\text{ m} \times 15\text{ m} = 360\text{ m}^2$ ). A área da subparcela ocupada pelo cultivo das misturas de plantas de cobertura foi 6 m de cada uma das três entrelinhas (ficou uma borda livre de 1 m entre a área de cultivo das misturas de e as linhas de árvores) e com um comprimento de 15 m totalizou  $270\text{ m}^2$ . Adicionalmente, como referências, foram utilizadas uma área de caatinga preservada, sob o mesmo tipo de solo, e a condição do solo antes da instalação do experimento. A área de caatinga faz parte área de preservação da Embrapa Semiárido.

A MP1 e a MP2 foram constituídas de quatorze espécies, que incluíam oleaginosas, gramíneas e leguminosas; porém, em diferentes proporções entre as misturas, conforme detalhado na Tabela 2. A vegetação espontânea era composta principalmente por *Desmodium tortuosum* (Sw.) DC., *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb., *Digitaria bicornis* (Lam.) Roem. Schult., *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd., *Commelina diffusa* Burm. f., *Acanthospermum hispidum* DC., *Euphorbia chamaeclada* Ule, *Waltheria rotundifolia* Schrank, *Waltheria* sp. L., *Tridax procumbens* L., *Ipomoea mauritiana* Jacq., *Ipomoea bahiensis* Willd. Ex roem. Schult. e *Amaranthus deflexus* L.

**Tabela 2** Proporção de semente usadas na composição de duas misturas de plantas de cobertura do solo na entrelinha de mangueira: MP1 (75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas) e MP2 (25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas). Petrolina-PE.

Espécie de planta de cobertura	MP1	MP2
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----	
Oleaginosas		
<i>Helianthus annuus</i> L. (Girassol)	3,1	9,3
<i>Ricinus communis</i> L. (Mamona)	30,0	90,0
<i>Sesamum indicum</i> L. (Gergelim)	1,0	3,0
Gramíneas		
<i>Zea mays</i> L. (Milho)	15,0	45,0
<i>Pennisetum americanum</i> (L.) Leeke (Milheto)	1,0	3,0
<i>Sorghum vulgare</i> Pers. (Sorgo)	2,5	7,5
Leguminosas		
<i>Crotalaria Spectabilis</i> Roth	5,2	1,7
<i>Crotalaria juncea</i> L.	13,5	4,5
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. (Feijão de porco)	187,5	62,5
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv. (Calopogônio)	3,7	1,2
<i>Stizolobium aterrimum</i> Piper & Tracy. (Mucuna Preta)	101,2	33,7
<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp. (Feijão guandu)	12,7	4,2
<i>Dolichos lablab</i> L. (Lab-lab)	60,0	20,0
<i>Mucuna cochinchinensis</i> (Lour.) A. Chev. (Mucuna Cinza)	101,2	33,7

No sistema SR, as plantas de cobertura foram manejadas com roçadeira manual, na floração plena da maioria das espécies, cerca de 70 dias após a semeadura. O corte

das plantas foi a 5 cm acima da superfície do solo e a fitomassa da parte aérea depositada sobre o solo, nas entrelinhas de mangueira. No sistema CR, a fitomassa foi incorporada com arado de disco a 20 cm de profundidade, seguido por uma gradagem superficial, com grade leve de disco aberto.

Desde o início do experimento, seis ciclos de cultivo das misturas de plantas foram realizados: 2009/2010, 2010/2011, 2012, 2013, 2014 e 2015, em que as misturas de plantas MP1 e MP2 foram semeadas manualmente, em sulcos de aproximadamente 5 cm de profundidade, espaçados a 50 cm, totalizando 36 linhas de cultivo por subparcela. O presente estudo foi conduzido após o sexto ciclo de cultivo, em fevereiro de 2016.

A irrigação foi por gotejamento, com emissores espaçados em 50 cm e com vazão média de  $1,6 \text{ L h}^{-1}$ , distribuídos nas entrelinhas de cultivo. As irrigações foram realizadas com base na evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), calculada pelo método de Penman-Monteith, a partir de dados diários coletados em uma estação meteorológica instalada próxima ao local do experimento. O coeficiente de cultivo para determinação da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi o proposto por Doorenbos e Pruitt (1977). Da semeadura até o corte das plantas de cobertura, realizou-se irrigação apenas na entrelinha de cultivo. Após o manejo das plantas de cobertura, a irrigação foi totalmente suspensa com objetivo de proporcionar o estresse hídrico necessário para paralização do crescimento vegetativo das mangueiras, sendo reestabelecida em setembro, após o florescimento de 50% do pomar.

Em cada ciclo de cultivo, cerca de 70 dias após o plantio, (floração plena da maioria das espécies), estimou-se a produção de matéria seca e o acúmulo de C e de N da parte aérea (Tabela 3). A avaliação da produção de fitomassa aérea, em cada subparcela, foi realizada por meio da coleta de três subamostras de  $1 \text{ m}^2$ . A determinação da fitomassa seca foi realizada por meio de secagem em estufa de circulação forçada de ar ( $65^\circ\text{C}$ ), até obtenção de massa constante. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey (peneira com malha de 1 mm) e determinados os teores de C e N por combustão seca em analisador elementar – LECO, modelo TRUSPEC CN.

**Tabela 3 Matéria seca, teor e acúmulo de C e de N da parte aérea de diferentes misturas de plantas cultivadas na entrelinha de cultivo de mangueira. Petrolina- PE.**

Mistura de plantas	Matéria seca $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$	Teor		Acúmulo		Relação C/N
		C	N	C	N	
		-----g $\text{Kg}^{-1}$ -----	-----g $\text{Kg}^{-1}$ -----	-----Kg $\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ -----	-----Kg $\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ -----	
MP1	8,64 <sup>(0,18)</sup>	494,08 <sup>(2,90)</sup>	31,73 <sup>(0,84)</sup>	4382,90 <sup>(89,11)</sup>	277,08 <sup>(11,41)</sup>	18,28 <sup>(0,57)</sup>
MP2	8,40 <sup>(0,17)</sup>	488,96 <sup>(1,73)</sup>	28,78 <sup>(0,85)</sup>	4362,08 <sup>(109,64)</sup>	244,23 <sup>(6,43)</sup>	21,69 <sup>(0,60)</sup>
VE	4,50 <sup>(0,10)</sup>	473,16 <sup>(3,32)</sup>	23,83 <sup>(1,07)</sup>	2269,06 <sup>(129,41)</sup>	103,46 <sup>(5,95)</sup>	24,27 <sup>(1,11)</sup>

MP1 - 75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas; MP2 - 25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas e VE - vegetação espontânea. Valores entre parênteses representam o erro padrão da média. Média = seis anos.

### 2.3 Amostragem e análise do solo

Após o sexto ciclo de cultivo das misturas de plantas, em fevereiro de 2016, foram coletadas amostras compostas de solo (provenientes de 8 amostras simples), na linha e na entrelinha de cultivo das mangueiras, nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm; 10-20 cm e 20-40 cm, em cada unidade experimental. Para coleta do solo sob caatinga, dividiu-se um talhão de caatinga preservada de 4 ha em quatro subáreas, adotando-se o mesmo procedimento de coleta adotado nos demais tratamentos. As amostras compostas foram transferidas para sacos plásticos e levadas para o Laboratório de Análise de Solos e de Plantas da Embrapa Semiárido, onde foram secas ao ar e passadas em peneiras de 2,0 mm para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA) para realização das análises.

Coletou-se, também, em cada unidade experimental e na área de referência, amostras indeformadas, nas camadas de 0-5 cm, 5 -10 cm, 10 -20 cm e 20-40 cm, com anel volumétrico de 5 cm x 5 cm, para determinação da densidade do solo (Tabela 4), conforme os procedimentos da Embrapa (1997).

O fracionamento físico granulométrico do solo foi realizado pelo procedimento proposto por Cambardella e Elliott (1992). As amostras de solo foram dispersas em solução de hexametáfosfato de sódio ( $5 \text{ g L}^{-1}$ ) agitadas por 16 h em agitador horizontal. A suspensão obtida foi passada em peneira de  $53 \mu\text{m}$  com auxílio de jatos de água. O material retido na peneira de  $53 \mu\text{m}$ , denominado carbono particulado (Cp), foi seco em estufa, a  $60^\circ\text{C}$ , até atingir massa constante, moído em moinho de bola e analisado quanto ao teor de C.

Os teores de carbono total (C total), nitrogênio total (N total) e carbono particulado (Cp) do solo foram determinados por combustão seca. Os teores de C e N foram obtidos por combustão seca em analisador elementar – LECO, modelo TRUSPEC CN. O carbono associado aos minerais (Cam) foi obtido por diferença entre CT e Cp.

O estoque de C total do solo e nas frações granulométricas e de N total, em cada camada de solo, foi obtido através da camada e da massa equivalente do solo, utilizando a massa de solo de uma área de referência (ELLERT et al., 2001).

Para o cálculo da massa equivalente, foi considerada a massa relativa do solo nos diferentes tratamentos (Equação 1).

$$M_{\text{solo}} = d_s \times E \times A \quad (1)$$

onde:  $M_{\text{solo}}$  = massa do solo  $\text{Mg ha}^{-1}$ ;  $d_s$  = densidade do solo  $\text{Mg m}^{-3}$ ;  $E$  = espessura m;  $A$  = área  $10.000 \text{ m}^2$ .



Após a definição da massa do solo, considerou-se a área sob caatinga como referência e se realizou o cálculo da espessura a ser adicionada ou subtraída dos diferentes tratamentos em relação à referência (Equação 2).

$$Ead/sub = (M_{ref} - M_{trat}) \times f_{ha}/ds \quad (2)$$

Onde: Ead/sub = espessura do solo da camada de coleta a ser adicionada (+) ou subtraída (-), expressa em m;  $M_{ref}$  = massa equivalente do solo da área de referência (caatinga),  $Mg\ ha^{-1}$ ;  $M_{trat}$  = massa equivalente do solo da área do tratamento  $Mg\ ha^{-1}$ ;  $f_{ha}$  = fator de conversão de ha para  $m^2$  ( $0,0001\ ha\ m^{-2}$ ); e  $ds$  = densidade do solo, expressa em  $Mg\ m^{-3}$ .

Em seguida, calcularam-se os estoques de C, N, Cp e Cam em massa equivalente (Equação 3).

$$Est = cc \times ds \times (E \pm Ead/sub) \times A \times F\ kg \quad (3)$$

Onde: Est= estoque de C, N, Cp e Cam, expresso em  $Mg\ ha^{-1}$ ;  $cc$  = teor de C, N, Cp e Cam  $g\ kg^{-1}$ ;  $ds$  = densidade do solo,  $Mg\ m^{-3}$ ;  $E$  = espessura do solo da camada estudada, expressa em m; Ead/sub = espessura do solo da camada a ser adicionada (+) ou subtraída (-), m;  $A$  = área de  $10.000\ m^2$ ; e  $F_{kg}$  = fator de conversão de kg para Mg ( $0,001\ Mg\ ha^{-1}$ ).

O estoque na camada de 0-40 cm de C, N, Cp e Cam em cada tratamento foi obtido através do somatório de seus respectivos estoques nas camadas avaliadas.

Para avaliar o desempenho de cada sistema de manejo, foi realizado o somatório dos estoques de C, Cp e Cam na camada de 0-40 cm da linha e entrelinha, sendo antes seus valores corrigidos pelos respectivos percentuais de área ocupada, 25% e 75%. Em seguida, calculou-se o índice de manejo do C (IMC) e de seus respectivos componentes índice de estoque (IEC), labilidade (LC), índice de Labilidade (ILC) e taxa de adição de C, Cp e Cam.

O cálculo do IMC e de seus componentes foi obtido a partir da proposta original de Blair et al., (1995) com as adaptações de Diekow (2005), utilizando-se como referências as áreas de solo sob caatinga e a condição inicial do experimento ( $IMC=100$ ). Inicialmente foram calculados o IEC, LC e ILC (Equações 4, 5, e 6)

$$IEC = Est\ C_{trat}/Est\ C_{ref} \quad (4)$$

$$LC = Est\ Cp/ Est\ Cam \quad (5)$$

$$ILC = LC_{trat}/ LC_{ref} \quad (6)$$

Onde: IEC= índice de estoque de C;  $Est\ C_{trat}$ = estoque de C total do tratamento;  $Est\ C_{ref}$  = estoque de C da área de referência; LC= labilidade do C;  $Est\ Cp$ = estoque de C da fração lábil/  $Est\ Cam$ = estoque de carbono da fração associada aos minerais (não-lábil) e ILC= índice de labilidade do C;  $LC_{trat}$  =labilidade do C do tratamento;  $LC_{ref}$ = labilidade do carbono da área utilizada como referência.

A partir do IEC e ILC, foi calculado o IMC, expresso em percentagem (Equação 7):

$$\text{IMC} = \text{IEC} \times \text{ILC} \times 100 \quad (7)$$

**Tabela 4** Densidade do solo nas camadas de 0- 5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20- 40 cm na linha e entrelinha de um agroecossistema de mangueira sob dois sistemas de preparo do solo (SR- sem revolvimento; CR- com revolvimento) e após o manejo de três misturas de plantas de cobertura na entrelinha de mangueira (MP1- 75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea). Petrolina-PE

Local	Preparo do solo					
	Sem revolvimento			Com revolvimento		
	Mistura de plantas					
	MP1	MP2	VE	MP1	MP2	VE
Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )						
0-5 cm						
Linha	1,45 <sup>(0,03)</sup>	1,36 <sup>(0,01)</sup>	1,42 <sup>(0,04)</sup>	1,42 <sup>(0,05)</sup>	1,41 <sup>(0,01)</sup>	1,43 <sup>(0,03)</sup>
Entrelinha	1,42 <sup>(0,05)</sup>	1,41 <sup>(0,01)</sup>	1,43 <sup>(0,03)</sup>	1,47 <sup>(0,03)</sup>	1,50 <sup>(0,03)</sup>	1,47 <sup>(0,01)</sup>
Caatinga	1,45 <sup>(0,04)</sup>					
Início do experimento	1,51 <sup>(0,02)</sup>					
5-10 cm						
Linha	1,60 <sup>(0,01)</sup>	1,48 <sup>(0,02)</sup>	1,54 <sup>(0,02)</sup>	1,53 <sup>(0,01)</sup>	1,58 <sup>(0,02)</sup>	1,53 <sup>(0,03)</sup>
Entrelinha	1,53 <sup>(0,01)</sup>	1,58 <sup>(0,02)</sup>	1,53 <sup>(0,03)</sup>	1,54 <sup>(0,01)</sup>	1,54 <sup>(0,03)</sup>	1,51 <sup>(0,01)</sup>
Caatinga	1,46 <sup>(0,04)</sup>					
Início do experimento	1,56 <sup>(0,02)</sup>					
10 -20 cm						
Linha	1,66 <sup>(0,01)</sup>	1,62 <sup>(0,03)</sup>	1,61 <sup>(0,02)</sup>	1,58 <sup>(0,05)</sup>	1,59 <sup>(0,05)</sup>	1,56 <sup>(0,03)</sup>
Entrelinha	1,58 <sup>(0,05)</sup>	1,59 <sup>(0,05)</sup>	1,56 <sup>(0,03)</sup>	1,60 <sup>(0,05)</sup>	1,62 <sup>(0,04)</sup>	1,57 <sup>(0,01)</sup>
Caatinga	1,58 <sup>(0,03)</sup>					
Início do experimento	1,64 <sup>(0,02)</sup>					
20-40 cm						
Linha	1,61 <sup>(0,07)</sup>	1,68 <sup>(0,05)</sup>	1,66 <sup>(0,05)</sup>	1,56 <sup>(0,03)</sup>	1,63 <sup>(0,05)</sup>	1,65 <sup>(0,04)</sup>
Entrelinha	1,56 <sup>(0,03)</sup>	1,63 <sup>(0,05)</sup>	1,65 <sup>(0,04)</sup>	1,66 <sup>(0,04)</sup>	1,61 <sup>(0,06)</sup>	1,61 <sup>(0,04)</sup>
Caatinga	1,56 <sup>(0,05)</sup>					
Início do experimento	1,67 <sup>(0,03)</sup>					

MP1 - 75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas; MP2 - 25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas e VE - vegetação espontânea. Valores entre parênteses representam o erro padrão da média.

A estimativa das taxas de perda e adição do C total, Cp e Cam foi calculada conforme COSTA (2006). As taxas de perda e adição foram expressas em Mg h<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> e calculadas pelas variações no estoque de C, Cp e Cam entre a condição inicial do experimento (2008) em relação ao solo sob caatinga (situação considerada estável) e dos tratamentos em relação à condição inicial do experimento (2008), sendo essas variações divididas pela quantidade de ano de mudança do uso da terra.

## 2. 4 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, considerando-se isoladamente as camadas do solo avaliadas, sendo as diferenças entre as médias dos sistemas de preparo do solo e local pelo teste F (p<0,05) e das misturas de plantas pelo teste Tukey

( $p < 0,05$ ), respectivamente. Foi realizada segunda análise de variância para a camada de 0-40 cm, excluindo o fator local para avaliar o efeito dos diferentes desenhos no agroecossistema da manga, considerando linha e entrelinha. As análises foram realizadas no Software SAS University (CODY, 2015).

Os dados obtidos para as áreas de referências (caatinga e caracterização inicial da área) não foram submetidos à análise de variância por não comporem o delineamento estatístico, sendo as médias das características apresentadas com seus respectivos erros padrões da média.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Estoque de Carbono e de Nitrogênio

Após seis anos da implantação dos diferentes sistemas de manejo adotados no cultivo da mangueira, em geral, observou-se aumento no estoque de C, para todas as camadas do solo, tanto para linha como na entrelinha de cultivo, quando comparado aos valores encontrados no início do experimento (Figura 1). Contudo nenhum dos sistemas avaliados apresentou estoque mais elevado do que área sob Caatinga (Figura 1).

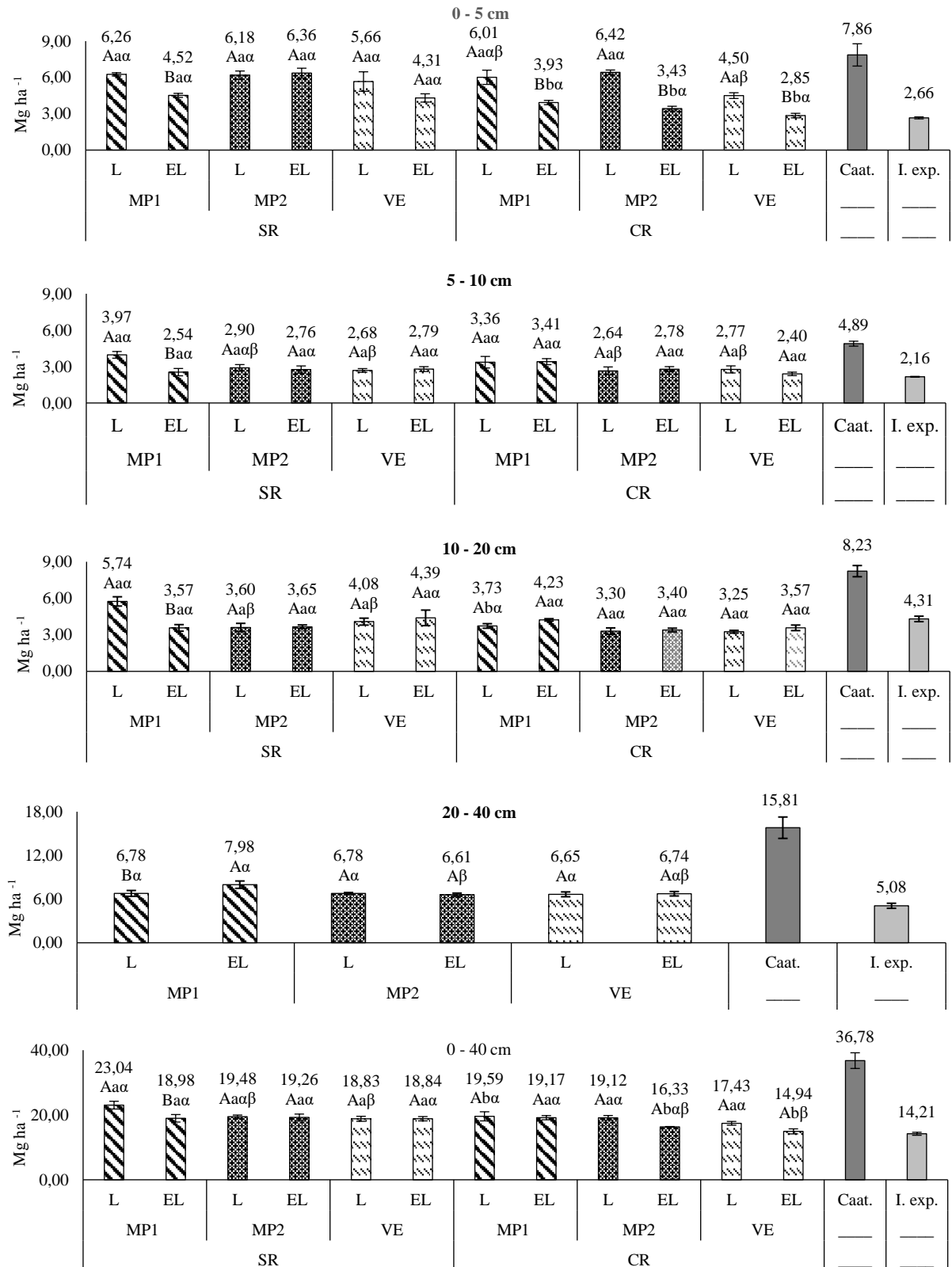
Comparando os sistemas de manejos propostos, entre si, associados com o cultivo da mangueira, observou-se efeito significativo, pelo teste F, no estoque de C da interação sistema de preparo do solo *versus* misturas de plantas *versus* local, para as camadas de 0-5 cm ( $p<0,01$ ), 5-10 cm ( $p<0,05$ ), 10-20 cm ( $p<0,05$ ) e de 0-40 cm ( $p<0,01$ ). E, da interação mistura de plantas *versus* local na camada de 20-40 cm ( $p<0,05$ ).

Na Figura 1, observa-se que na maioria das camadas e dos sistemas de manejo avaliados ocorre maior estoque de C na linha em relação à entrelinha. Contudo, registrou-se efeito significativo da linha em relação à entrelinha, apenas, na camada de 0-5 cm, em que as misturas de plantas no preparo com revolvimento do solo apresentaram maior estoque de C na linha; e nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 0-40 cm no preparo sem revolvimento, em que apenas a MP1 apresentou maior estoque de C na linha.

Quando se observa o estoque de C entre as misturas de plantas na linha de cultivo para cada sistema de preparo do solo adotado (Figura 1), verifica-se que a MP1 promoveu maior estoque de C nas camadas de 5-10 cm; 10-20 cm e de 0-40 cm, no preparo sem revolvimento e na camada de 5-10 cm no preparo com revolvimento, diferindo significativamente da VE para todas essas camadas e da MP2 apenas na camada de 10-20 cm (Figura 1).

Agroecossistemas compostos por espécies arbóreas frutíferas podem apresentar maior estoque de carbono nas linhas de cultivo em relação à entrelinha e a outros sistemas de produção pela maior deposição de resíduos orgânicos da parte aérea (restos de podas, folhas, galhos) e de raízes. Em condições semiáridas irrigadas, Santos et al., (2015) também registraram maior estoque de C total na linha de cultivo de mangueiras. Entretanto, o maior estoque de C na linha da manga em relação à entrelinha na MP1, na maioria das camadas no preparo sem revolvimento, bem como o maior estoque de C na linha para MP1 em relação à VE, nas camadas de 5-10 cm; 10-20 cm e de 0-40 cm, e a MP2 na camada de 10-20 cm, nesse mesmo preparo de solo, pode estar associado à contribuição dessa mistura de plantas para a cultura da manga, tanto pela quantidade como qualidade da biomassa adicionada ao solo. Van Sambek e Garrett

(2004) verificaram que o uso de leguminosas nas entrelinhas aumentou o crescimento de florestas plantadas em 28% em relação àquelas cultivadas em monocultivos, o que foi atribuído principalmente ao aumento da disponibilidade de N pela efetividade da fixação biológica de nitrogênio.



**Figura 1** Estoque de carbono do solo, nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm e de 0-40 cm, na linha (L) e na entrelinha (EL) de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). Caat. -área sob vegetação de caatinga; I. exp.- condição inicial do experimento. Médias acompanhadas de letras maiúsculas e minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste F ( $p < 0,05$ ), e de letras gregas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Nas camadas 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e de 0-40 cm, as letras maiúsculas comparam os locais dentro de cada mistura de plantas e em cada sistema de preparo; as minúsculas os sistemas de preparo dentro de cada local e em cada mistura de plantas; e as gregas comparam as misturas de plantas dentro de cada sistema de preparo e em cada local. Na camada de 20-40 cm letras maiúsculas comparam os locais dentro de cada mistura de plantas e as e as gregas comparam as misturas de plantas em cada local. Petrolina-PE.

Dessa forma, a inserção da MP1 nas entrelinhas da manga, contribuiu, ao longo dos anos, para maior adição de fitomassa ( $8,64 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), C ( $4382,90$ ) e de N ( $277,08 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) em relação à VE (Tabela 3), possivelmente, favorecendo a melhoria das condições físicas e químicas do solo, com maior disponibilidade de N. Isso pode ter contribuído para que as raízes de manga explorassem o solo de forma diferenciada e se desenvolvessem além da projeção da copa, levando ao maior aporte de resíduos orgânicos pela liberação de exsudados radiculares e mortalidade de raízes da manga na linha em relação a entrelinha nas camadas 10-20 cm e 0-40 cm no preparo sem revolvimento.

Sistemas de manejo do solo voltados para recuperação de carbono e restauração das condições ecológicas devem incluir a adição de N, pois o aumento do C no solo está diretamente associado à adição desse elemento (ALVAREZ, 2005; MAZZONCINI et al., 2011; ZOTARELLI et al., 2012; PRASAD et al., 2016). De acordo com Zotarelli et al., (2012) o balanço de N em sistemas de produções deve ser avaliado com frequência, pois é importante para garantir uma conversão eficiente de resíduo de C em húmus estável. Nesse contexto, a inclusão de plantas de leguminosas exerce papel importante, tanto pela adição de carbono fotossintetizado ao solo por sua biomassa, como também pela adição de N via fixação biológica (ZONTARELI et al., 2012; XAVIER et al., 2013). Os tratamentos com adição de biomassa de leguminosas ricos em carbono lábil, nitrogênio e liberação de polissacarídeos podem favorecer a formação de agregados do solo, levando à proteção física do C (GARCIA-FRANCO et al., 2015).

Na entrelinha de cultivo, registrou-se maior estoque de C no preparo sem revolvimento, na camada de 0-5 cm para todas as misturas de plantas. Entretanto, quando se avalia o somatório de estoque de C de todas as camadas (0-40 cm), verifica-se que o preparo do solo influenciou apenas as misturas MP2 e VE, que apresentaram maiores estoques no preparo sem revolvimento do solo  $19,26 \text{ Mg ha}^{-1}$  e  $18,84 \text{ Mg ha}^{-1}$ , respectivamente (Figura 1). Nessa mesma figura, nota-se que, na entrelinha de cultivo, a mistura MP1 apresentou maior

média de estoque de C na camada de 20-40 cm ( $7,98 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e na de 0-40 cm no preparo com revolvimento do solo ( $19,17 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), diferindo significativamente da MP2 e da VE, respectivamente.

Com isso, pode-se inferir que, em condições semiáridas irrigadas para um maior estoque de C na entrelinha, a composição da mistura de planta é mais importante do que o sistema de preparo do solo. Garcia-Franco et al (2015) verificaram, em condições semiáridas, um maior estoque de C total por meio da incorporação de resíduos vegetais de adubos verdes com maior percentual de leguminosas em pomar de amêndoas, em sistema de preparo reduzido do solo quando comparado à vegetação espontânea.

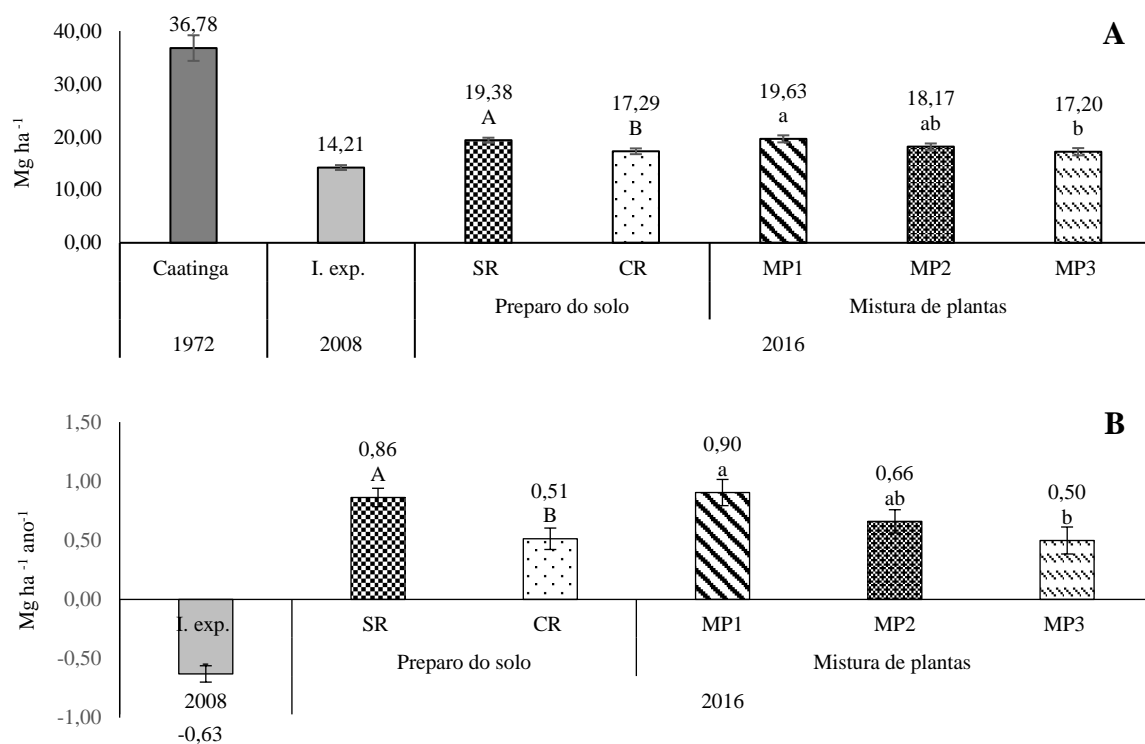
O impacto incorporação de biomassa rica em carbono lábil e nitrogênio já foi demonstrado anteriormente pela acelerada formação de agregados e aumento no estoque de C (BLANCO-CANQUI e LAL 2010; PALM et al., 2014), devido ao papel crucial do uso de plantas de coberturas na formação e estabilização de agregados (CAMPOS et al., 1999). Além disso, como destacam Almagro e Martínez-Mena (2014), a incorporação de adubos verdes leva à liberação de polissacarídeos e de outros compostos orgânicos de decomposição relativamente rápida, que também favorecem a colonização de diversos organismos que podem atuar na proteção do C. Estas características podem ter contribuído para as não diferenças no estoque de C no MP1 na camada de 0-40 cm na entrelinha, entre o preparo sem revolvimento e com revolvimento.

Entretanto, vale salientar que esses resultados não refletem na escolha do sistema de preparo com revolvimento do solo da entrelinha de cultivo de mangueiras como o de maior potencial em sequestrar carbono. Pois, quando se utilizou a MP1, verificou-se na linha de cultivo no preparo sem revolvimento do solo, para a camada de 0-40 cm, um maior acúmulo de C ( $23,04 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), anulando a falta de efeito do preparo na entrelinha para essa mistura (Figura 1). Além disso, foi observado que ocorreu um efeito deletério da mobilização do solo na entrelinha de cultivo em todas as misturas na camada de 0-5 cm, que favoreceu o aumento das condições de decomposição dos resíduos orgânicos e perdas de C nessa camada.

Quando foi considerada a contribuição dos percentuais de áreas ocupados pela linha e entrelinha, de 25 e 75%, respectivamente, para comporem o estoque de C total e sua taxa de adição anual em relação ao início do experimento, verificou-se que as adições desse elemento ao solo variaram com o preparo do solo ( $p < 0,05$ ) e as misturas de plantas ( $p < 0,01$ ),

O preparo do solo sem revolvimento apresentou o maior estoque de C ( $19,38 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) com taxa de adição ao ano de  $0,86 \text{ Mg h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , superior a do preparo com revolvimento do solo em cerca de 68% ( $0,51 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ). Entre as misturas de plantas, MP1 apresentou a

maior média do estoque de C ( $19,63 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), contudo diferindo apenas da VE ( $17,20 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) (Figuras 2A e 2B). Esses resultados mostram que, após seis anos, o sistema de preparo SR, junto com a MP1, apresentaram, em curto prazo (seis anos), um maior potencial em sequestrar C, superior à VE, porém não alcançou os valores de estoques originais do solo sob vegetação remanescente ( $36,78 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Destaca-se ainda que a implantação do agroecossistema de manga, por meio do efeito isolado das misturas, mesmo quando se utilizou a VE, que apresentou a menor taxa de adição de C, aumentou o estoque de C total do solo, quando comparado ao uso do solo antes da instalação do experimento que contribuiu para perdas de C anuais com taxa de  $0,62 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (Figura 2B).



**Figura 2** Estoque de carbono (A) e taxa de adição ou perda de carbono do solo (B) na camada de 0-40 cm na área total, (25% da linha +75% da entrelinha) de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). I. exp. -início do experimento. Médias dos sistemas de preparo do solo acompanhadas de letras maiúsculas e das misturas de plantas acompanhadas de letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo Teste F ( $p < 0,05$ ), e pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), respectivamente. Petrolina-PE

Espera-se que essa taxa de adição de C do solo diminua com o passar do tempo, tendo em vista que os sistemas de manejo propostos para o agroecossistema da manga ainda não atingiram um novo equilíbrio. Com o tempo, as taxas de adição de C ao solo tendem a se estabilizarem, encontrando um novo valor de equilíbrio de acordo com o manejo do sistema (POWLSON et al., 2012). Vicente-Vicente et al. (2017) verificaram em pomares de árvores

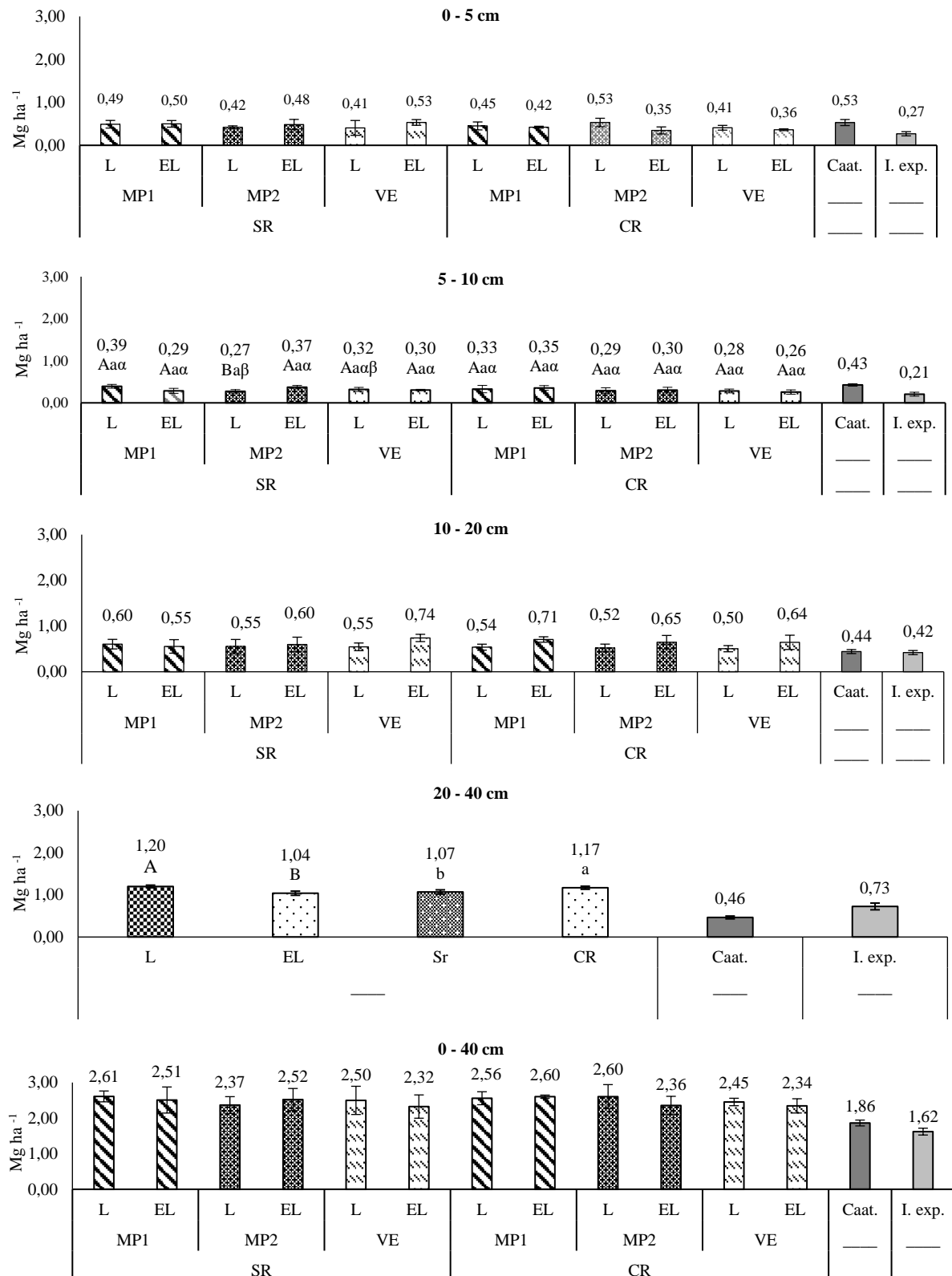


frutíferas que a taxa de sequestro de C no solo tendeu a ser maior durante os primeiros anos após a mudança das práticas de manejo conservacionistas e diminuiu progressivamente. Em condições semiáridas, o novo valor de equilíbrio do C é bastante discutível, tendo em vista a suscetibilidade de perdas de C devido às condições edafoclimáticas da região (GIONGO et al., 2011). Dessa forma, mesmo que os sistemas de manejo propostos para agroecossistema da mangueira, sinalizem para a recuperação do estoque de C original, qualquer mudança nas entradas de C devido ao manejo do solo (por exemplo, a introdução futura de preparo da entrelinha), esse carbono seria facilmente remetido para a atmosfera.

Houve aumento no estoque de N com a adoção dos diferentes sistemas de manejo para o agroecossistema da mangueira em relação à condição inicial do experimento e à área sob vegetação de caatinga, com exceção das camadas de 0-5 cm e de 5- 10 cm, nas quais a caatinga apresentou os maiores estoques de N (Figura 3), provavelmente devido ao equilíbrio existente entre as entradas e saídas desse elemento em sistemas preservados.

Quando se avalia o balanço total de estoque de N na camada de 0-40 cm, nas diferentes combinações de misturas de plantas *versus* sistemas de preparo *versus* local, observa-se que houve incremento no estoque de N em relação às áreas de referências (Figura 3). O estoque de nitrogênio no solo é controlado pelo clima e vegetação e 95% do estoque total de N no solo está associado a formas orgânicas (STEVENSON, 1994). Com isso, os resultados encontrados revelam a importância do manejo de agroecossistemas multifuncionais para o aumento de estoque de N em cultivo de fruteiras perenes em condições semiáridas irrigadas.

As diferenças entre os sistemas de manejo adotados para o agroecossistema da mangueira no estoque de N foram pontuais, com efeito significativo, pelo teste F, da interação sistema de preparo *versus* mistura de plantas *versus* local ( $p < 0,05$ ) para a camada de 5-10 cm, e do efeito isolado de local na camada de 20-40 cm ( $p < 0,05$ ). Na camada de 5-10 cm, a MP2 apresentou a menor média de estoque de N na linha de cultivo ( $0,27 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) no sistema sem revolvimento do solo, diferindo significativamente apenas da MP1 ( $0,39 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Nessa mesma camada, no sistema sem revolvimento, observou-se menor estoque de N na MP2 na linha de cultivo ( $0,27 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), em relação à entrelinha ( $0,37 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) (Figura 3). Em relação ao fator isolado de local na camada 20-40 cm, foi observado um maior estoque de N na linha de cultivo ( $1,20 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) (Figura 3).



**Figura 3** Estoque de nitrogênio do solo, nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm e de 0-40 cm, na linha (L) e na entrelinha (EL) de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). Caat.-área sob vegetação de caatinga; I. exp.- condição inicial do experimento. Médias acompanhadas de letras maiúsculas e minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste F ( $p < 0,05$ ), e de letras gregas iguais

não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Na camada de 5-10 cm as letras maiúsculas comparam os locais dentro de cada mistura de plantas e em cada sistema de preparo; as minúsculas os sistemas de preparo dentro de cada local e em cada mistura de plantas; e as gregas comparam as misturas de plantas dentro de cada sistema de preparo e em cada local. Na camada de 20-40 cm as letras maiúsculas e minúsculas comparam os fatores individuais de local e sistema de preparo, respectivamente. Petrolina-PE.

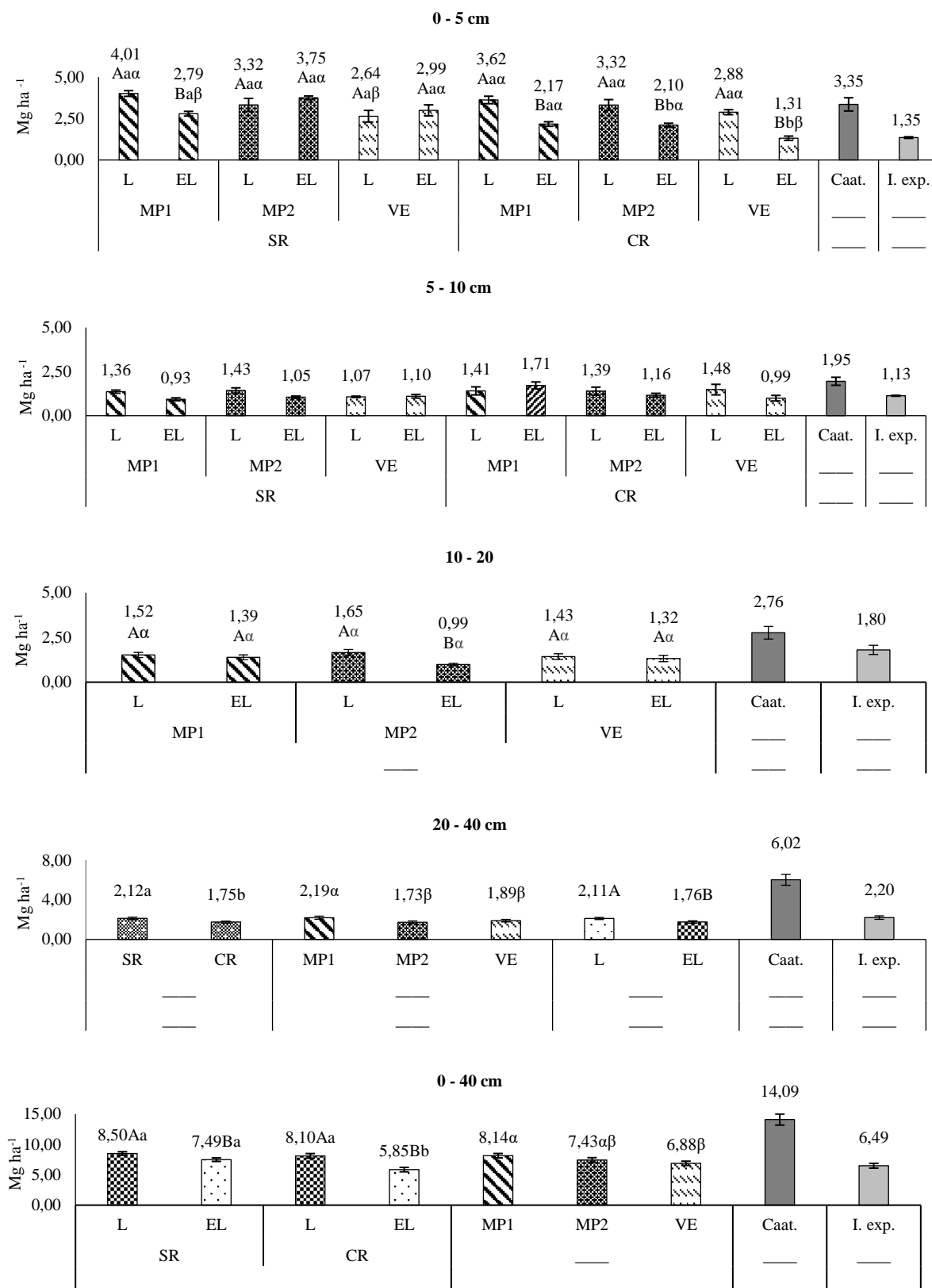
### 3. 2 Estoque de carbono particulado (Cp) e associado aos minerais (Cam)

A mudança do uso da terra, de forma que a caatinga foi substituída pelo cultivo de culturas anuais e de tâmara (*Phoenix dactylifera* L.), promoveu redução nos estoques de Cp e de Cam em todas as camadas, atingindo perdas de perto de 53% do Cp (Figura 4) e de 65% do Cam (Figura 5), na camada de 0-40 cm (condição inicial do experimento), antes da instalação dos diferentes sistemas de manejo para a cultura da mangueira. Contudo, observou-se, de modo geral, que após seis anos de cultivo dos diferentes agroecossistemas da manga houve incremento no estoque de Cp e de Cam em relação ao início do experimento, porém não atingindo os valores encontrados no remanescente de caatinga.

Com relação aos diferentes fatores de estudo nos agroecossistemas da mangueira, verificou-se na camada de 0-5 cm influência da interação sistema de preparo do solo *versus* mistura de planta *versus* local ( $p < 0,05$ ) sobre os estoques de Cp e Cam. Houve interação da mistura de plantas *versus* local no Cam nas camadas de 5-10 cm e de 10 -20 cm e sobre o Cp na camada de 10-20 cm. Além disso, houve efeito da interação sistema de preparo *versus* mistura sobre o estoque de Cp nas camadas de 10-20 cm e de 0-40 cm, dos fatores isolados de local sobre o Cam na camada de 20-40 cm, de misturas de plantas sobre o Cp e Cam na camada de 0-40 cm e de preparo do solo sobre o Cam na camada de 0-40 cm.

Embora tenha havido interação do preparo do solo com o fator local em algumas camadas, o efeito do sistema de preparo da entrelinha não exerceu influência sobre os compartimentos de C na linha de cultivo (Figuras 4 e 5), com exceção do estoque de Cam da VE na camada de 0-5 cm que foi maior no preparo sem revolvimento ( $3,02 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) (Figura 5).

A Figura 4 mostra que na entrelinha de cultivo houve maior acúmulo de Cp para MP2 e VE na camada de 0-5 cm no preparo sem revolvimento do solo, resultado também observado no estoque de Cam nessa camada para a MP2 (Figura 5). Estes resultados ressaltam que a prática do revolvimento do solo foi prejudicial ao acúmulo de C e, principalmente, no compartimento Cp, cuja contribuição, em solos de textura arenosa, pode atingir mais de 50 % do estoque total de C (SANTOS et al., 2013), como nesse estudo.



**Figura 4** Estoque de carbono particulado (Cp), nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm, 10 -20 cm, 20 40 cm e de 0-40 cm, na linha (L) e na entrelinha (EL) de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). Caat.-área sob vegetação de caatinga; I. exp.- condição inicial do experimento. Médias acompanhadas de

letras maiúsculas e minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste F ( $p < 0,05$ ), e de letras gregas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Na camada de 0-5 cm as letras maiúsculas comparam os locais dentro de cada mistura de plantas e cada sistema de preparo, e as minúsculas os sistemas de preparo dentro de cada local e em cada mistura de plantas; e as gregas comparam as misturas de plantas dentro de cada sistema de preparo e de cada local, na camada de 10-20 cm as letras maiúsculas comparam os locais dentro de cada mistura de plantas e as gregas comparam as misturas de plantas dentro de cada local, na camada de 20 -40 cm letras minúsculas, gregas e maiúsculas comparam os fatores isolados, sistema de preparo, mistura de plantas e local, respectivamente, e na de camada de 0-40 cm letras minúsculas comparam os sistemas de preparo em cada local e as minúsculas os locais em cada sistema de preparo e as gregas o fator isolado de mistura de plantas. Petrolina-PE

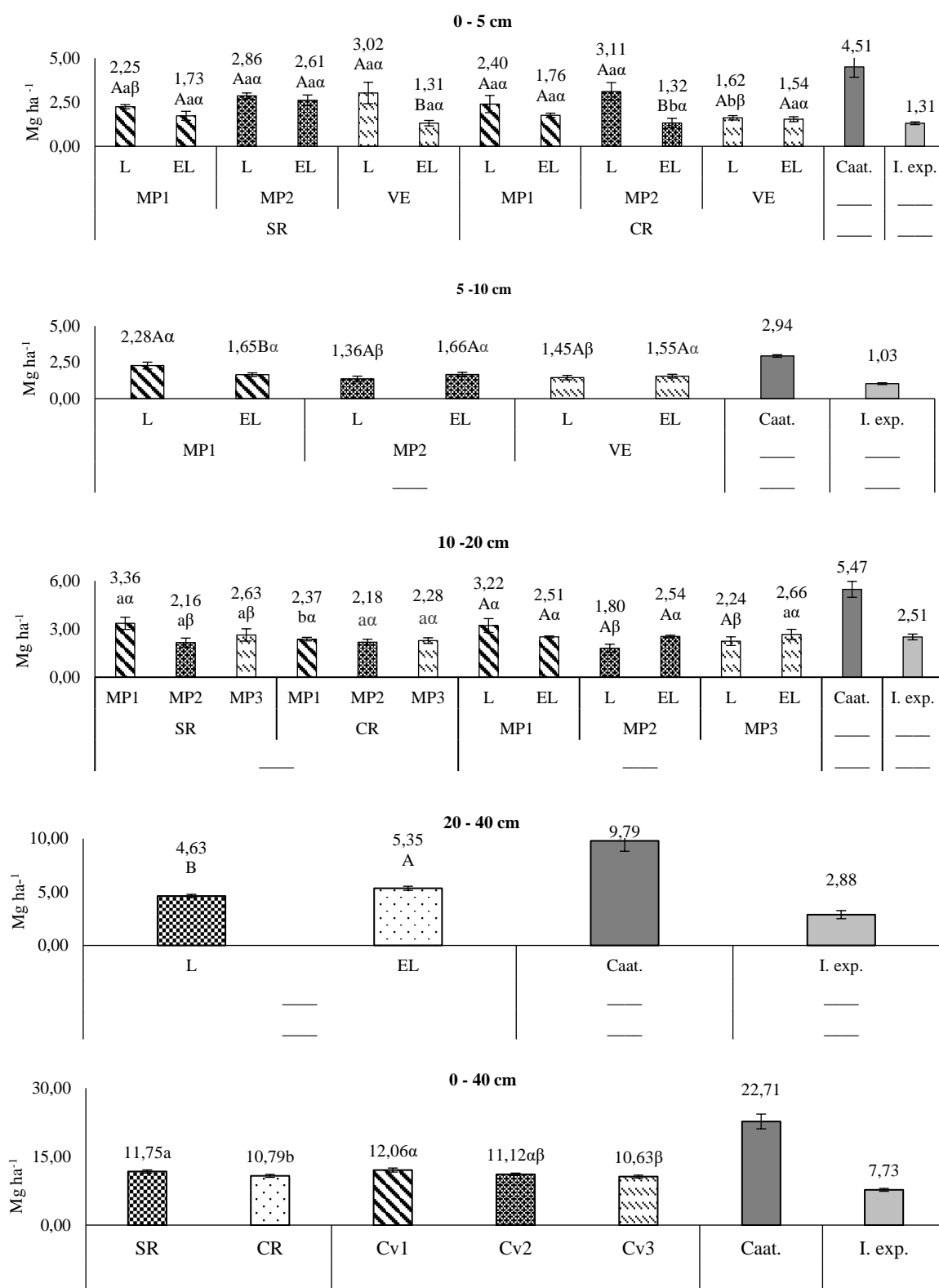
O efeito deletério da mobilização do solo no armazenamento de C em seus compartimentos também foi observado pelo somatório de todas as camadas, 0- 40 cm, em que se verificou menor valor de  $C_p$ ,  $5,85 \text{ Mg ha}^{-1}$ , na entrelinha de cultivo, em relação ao preparo sem revolvimento,  $7,49 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Figura 4) e um menor estoque de  $C_{am}$ , ( $10,79 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) no preparo com revolvimento pelo efeito isolado de preparo (Figura 5).

Esse resultado revela a importância da não mobilização do solo nas entrelinhas da mangueira. Estudos apontam que uma maior proporção de  $C_p$  representada pelo carbono lábil tem grande importância para a formação e estabilização transitória de agregados (BAYER et al. 2004; CONCEIÇÃO et al. 2005; SÁ et al., 2014; GARCIA FRANCO et al., 2015), condição particularmente importante para os solos do semiárido, que apresentam textura arenosa, no qual a proteção do C somente pode ser alcançada pelo suprimento de resíduos orgânicos que possibilitam a adição de compostos ligantes e a atividade agregante da biomassa microbiana (VEZZANI, 2001), ou através da recalcitrância molecular dos resíduos (LEHMANN e KLEBER, 2015).

Além disso, o efeito físico dos implementos pelo revolvimento do solo promove a ruptura dos agregados (CAMBERDELLA e ELLIOTT, 1992), estruturas que devido à natureza de formação em solos de textura arenosa são pouco estáveis. Isso, provavelmente, levou a condições de aumento da taxa de decomposição do material orgânico que apresentava estágio mais avançado de decomposição que, nesse caso, possivelmente formava associações com as partículas de argila existentes no solo, contribuindo para um menor estoque de  $C_{am}$  na camada de 0 - 40 cm no preparo com revolvimento (Figura 5).

Quando se compara o uso das diferentes misturas de plantas nos sistemas de cultivo da mangueira, verifica-se na camada de 0-5 cm que no sistema de preparo sem revolvimento houve maior acúmulo de  $C_p$  na linha de cultivo para MP1 e MP2 do que na vegetação espontânea (Figura 4). Esses resultados indicam que as misturas MP1 e MP2 podem estar exercendo influência no acúmulo de C na linha de cultivo da manga, embora na camada de 0-

5 cm no preparo sem revolvimento tenha sido registrado maior quantidade de Cam (3,02 Mg ha<sup>-1</sup>), na linha, na MP3, diferindo da MP1 (2,25 Mg ha<sup>-1</sup>) (Figura 5).



**Figura 5** Estoque de carbono associado aos minerais (Cam), nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm, 10 -20 cm, 20 40 cm e de 0-40 cm, na linha (L) e na entrelinha (EL) de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e

oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). Caat.-área sob vegetação de caatinga; I. exp.- condição inicial do experimento. Médias acompanhadas de letras maiúsculas e minúsculas iguais não diferem entre si pelo Teste F ( $p < 0,05$ ), e de letras gregas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Na camada de 0-5 cm as letras maiúsculas comparam os locais dentro de cada mistura de plantas e de cada sistema de preparo, e as minúsculas os sistemas de preparo dentro de cada local e em cada mistura de plantas e as gregas comparam as misturas de plantas dentro de cada sistema de preparo e de cada local; na camada de 5-10 cm as letras maiúsculas comparam os locais dentro de cada mistura de plantas e as gregas comparam as misturas de plantas dentro de cada local; na camada de 10-20 cm letras minúsculas comparam os sistemas de preparo para cada mistura e as gregas comparam as misturas dentro de cada preparo, as letras maiúsculas comparam os locais para cada misturas e as gregas as misturas em cada local; na camada de 20 40 cm letras maiúsculas comparam o fator isolado de local; e na camada de 0-40 cm letras maiúsculas e gregas comparam os fatores isolados de preparo e mistura de plantas. Petrolina, PE

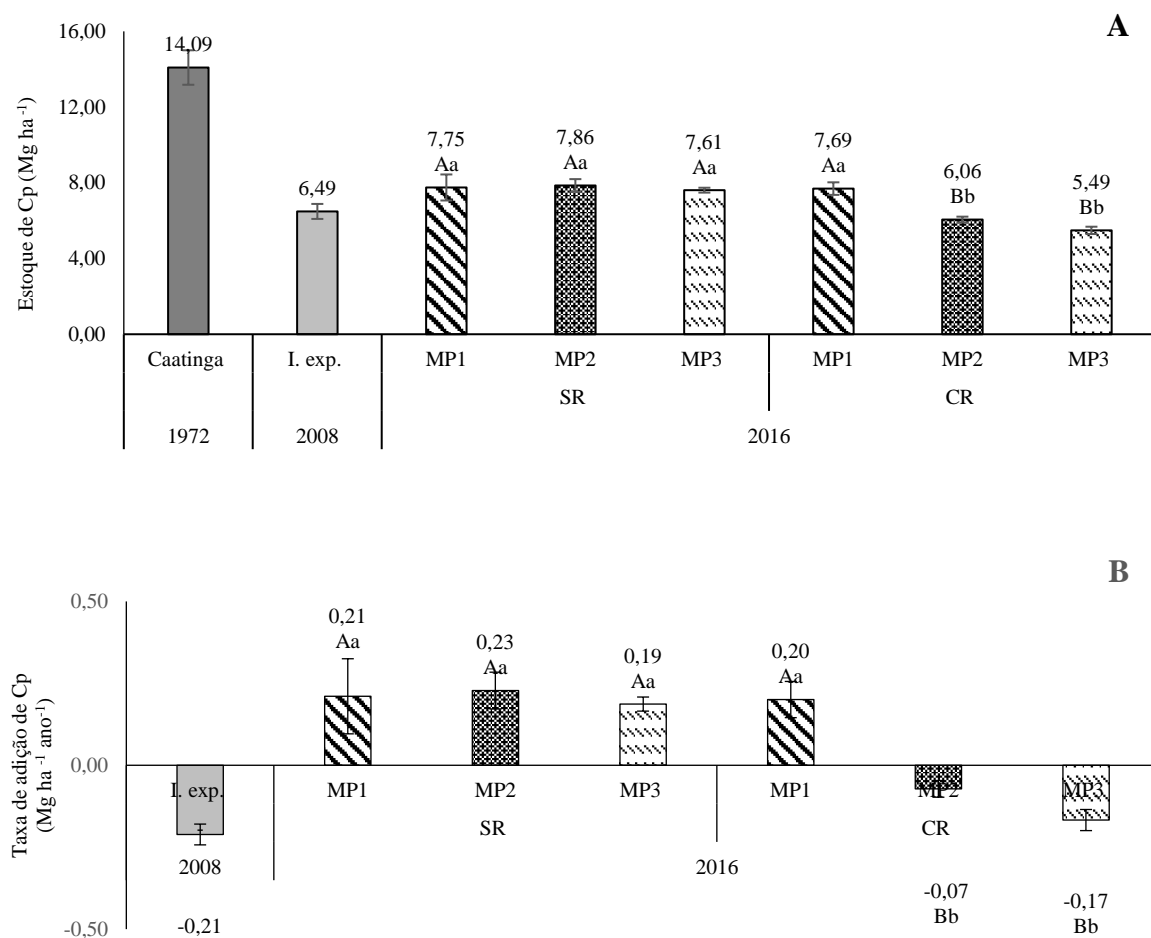
Nas camadas subjacentes 5-10 cm e 10-20 cm (Figura 5), pela interação mistura de planta *versus* local, verificou-se para o estoque de Cam a mesma tendência observada para o estoque de C total, em que a MP1 apresentou a maior média de Cam na linha, diferindo significativamente da MP2 e da VE. Esse resultado reforça a ideia da influência dessa mistura de planta para o acúmulo de C na linha e também para o acúmulo de C no agroecossistema, já que não foram observadas nessas camadas diferenças nos valores de estoque de C total, CP e Cam entre as misturas na entrelinha de cultivo.

Na camada de 20-40 cm, observa-se maior valor de Cp ( $2,19 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) para a MP1, diferindo significativamente da MP2 ( $1,73 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e da VE ( $1,89 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) (Figura 3). Também foi observado, pelo balanço total de cada compartimento do carbono, camada de 0-40 cm, através do efeito isolado das misturas, que a MP1 apresentou os maiores valores de Cp ( $8,14 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) (Figura 4) e de Cam ( $12,06 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) (Figura 5), diferindo apenas da VE.

A mistura MP1, ao longo dos seis anos, contribuiu para a maior adição de N ao sistema ( $277,08 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), pela adição de fitomassa da parte aérea (Tabela 3), isso associado à adição de N pelas raízes das leguminosas e das oleaginosas, que atingem camadas mais profundas, provavelmente tenha contribuído para a distribuição uniforme de N no perfil do solo e favorecido o acúmulo de C nos compartimento do solo quando comparado à VE. Além disso, uma relação C/N mais estreita dos resíduos de MP1, como verificada na parte aérea (Tabela 3), pode ter colaborado para uma utilização mais eficiente do N por parte dos microrganismos e, com isso, levado à formação de compostos de C mais estáveis no solo.

Avaliando o efeito dos sistemas de preparo e das misturas de plantas no agroecossistema da manga, considerando a linha + entrelinha, observou-se efeito da interação do preparo do solo *versus* mistura de planta sobre o estoque de Cp e de sua taxa de adição, e apenas dos fatores isolados de estudo sobre o estoque de Cam e de sua taxa de adição.

Na figura 6, observa-se que, independentemente do sistema de preparo do solo, a MP1 aumentou os estoques de Cp na camada de 0-40 cm, em relação à condição inicial do experimento (Figura 6A), com taxa de adição de  $0,20 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (Figura 6 B). Desse modo, podendo inferir que em condições semiáridas irrigadas, em curto e médio prazo, a composição da mistura pode ser mais importante do que o preparo do solo na preservação dessa fração do C do solo.

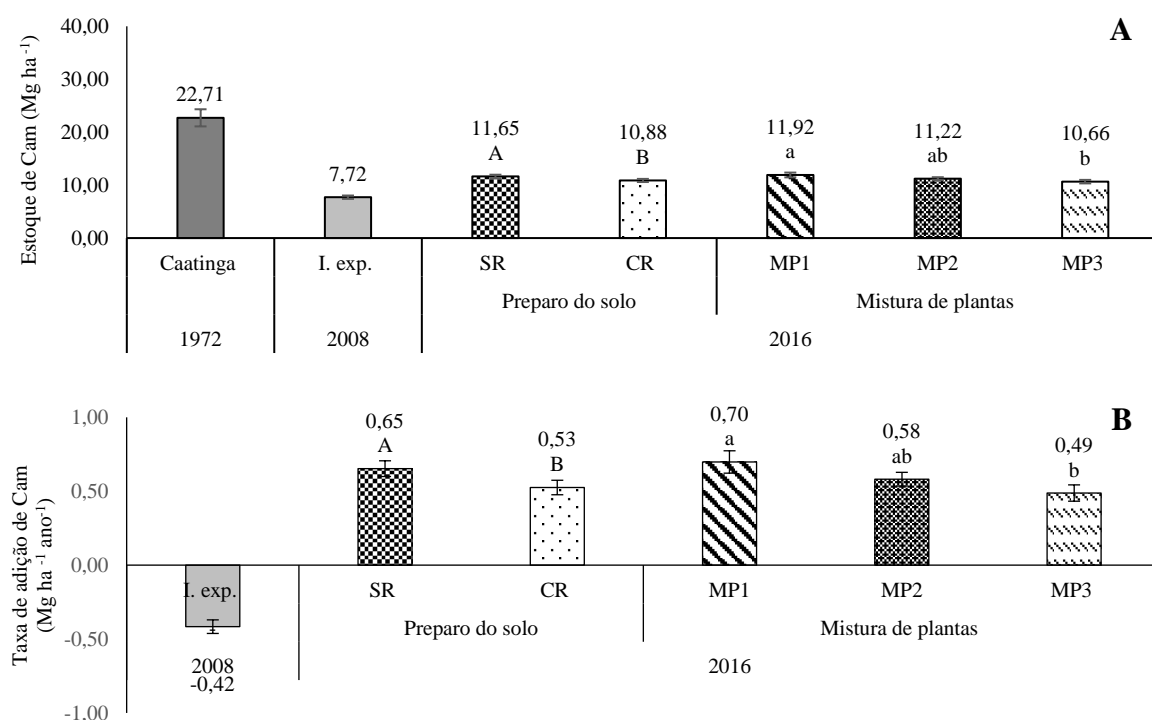


**Figura 6** Estoque de Cp (A) e taxa de adição ou perda de Cp do solo (B) na camada de 0-40 cm na área total, (25% da linha +75% da entrelinha) de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). I. exp. -início do experimento. Médias dos sistemas de preparo do solo acompanhadas de letras maiúsculas e das misturas de plantas acompanhadas de letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo Teste F ( $p < 0,05$ ), e pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), respectivamente.

Semelhante ao ocorrido para o estoque de C, verificou-se que os modelos de agroecossistemas propostos aumentaram os estoques de Cam em relação à condição inicial do experimento (Figuras 7 A), com taxas de adição variando entre  $0,49$  e  $0,65 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (Figura 7 B). Contudo, observou-se que o preparo sem revolvimento do solo apresentou maior



taxa de adição de Cam em relação ao preparo com revolvimento do solo e a MP1 apresentou a maior taxa de adição de Cam, diferindo apenas da VE (Figura 7B).



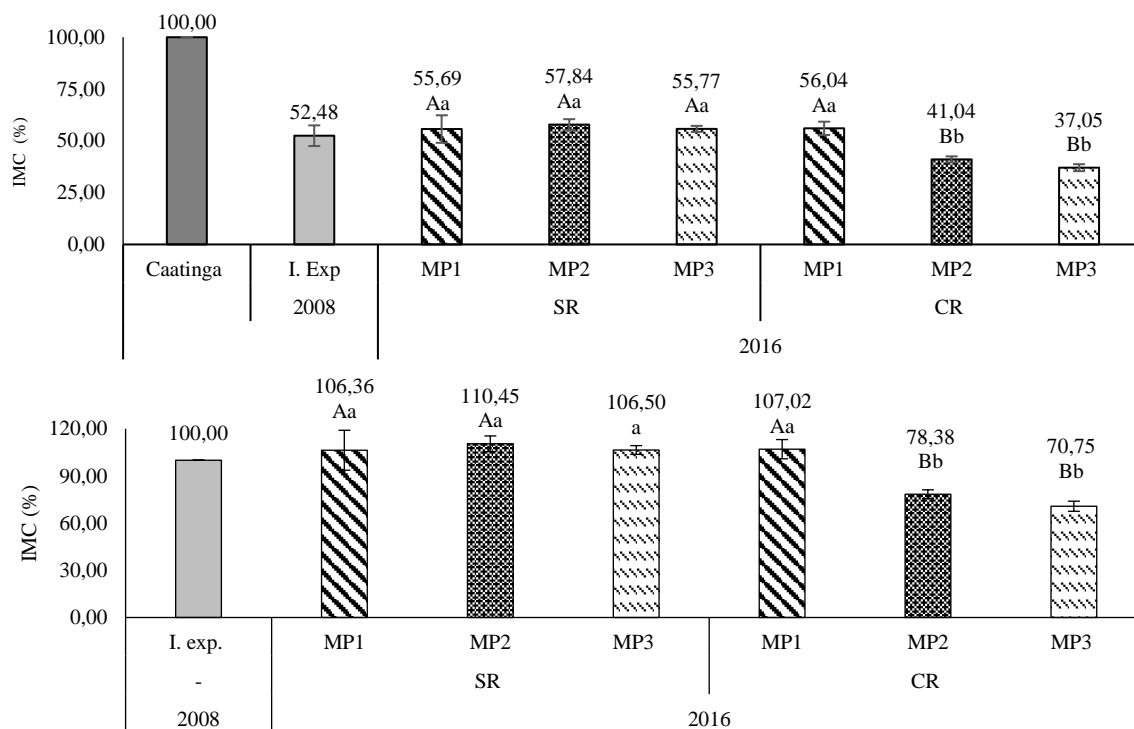
**Figura 7** Estoque de Cam (A) e taxa de adição ou perda de Cam do solo (B) na camada de 0-40 cm na área total, (25% da linha +75% da entrelinha) de um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). I. exp. -início do experimento. Médias dos sistemas de preparo do solo acompanhadas de letras maiúsculas e das misturas de plantas acompanhadas de letras minúsculas diferentes entre si pelo Teste F ( $p<0,05$ ), e pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ), respectivamente. Petrolina-PE.

### 3.3 Índice de manejo do carbono (IMC)

O sistema de manejo sem revolvimento do solo promoveu aumento do IMC, em relação à condição inicial do experimento (Figura 8B), sinalizando que esse tipo de manejo do solo foi capaz de manter a labilidade do C e aumentar o seu armazenamento no solo. Em condições do Cerrado, Guareschi et al. (2013) também observaram que a prática do plantio direto associada à entrada constante de resíduos de plantas contribuiu para aumentar a capacidade para preservação e restauração dos níveis e/ou qualidade das frações, elevando o IMC, sendo também seus valores maiores à medida que se aumentou o tempo de uso de plantio direto.

Observou-se ainda que a MP1 no preparo com revolvimento foi capaz de aumentar o IMC, diferindo significativamente da MP2 e VE (Figura 8), o que fortalece a ideia de que a composição da mistura de planta em condições semiáridas pode ser mais importante para o

armazenamento de C, do que o sistema de preparo do solo. Os resultados apontam para a capacidade do solo em condições semiáridas de sequestrar C quando submetido a práticas de manejo que favorecem entradas de resíduos orgânicos, principalmente na entrelinha de plantas perenes que representam um grande percentual da área de cultivo.



**Figura 8** Índice de manejo do C em um agroecossistema de mangueira após o manejo de três misturas de plantas na entrelinha (MP1-75% leguminosas + 25% gramíneas e oleaginosas, MP2-25% leguminosas + 75% gramíneas e oleaginosas, e VE-vegetação espontânea) combinadas com dois sistemas de preparo do solo (SR- Sem revolvimento, CR-com revolvimento). I. exp. -início do experimento. Médias dos sistemas de preparo do solo acompanhadas de letras maiúsculas e das misturas de plantas acompanhadas de letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo Teste F ( $p < 0,05$ ), e pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), respectivamente. Petrolina-PE.

## 4 CONCLUSÕES

O cultivo de misturas de plantas associado ao não revolvimento do solo na entrelinha de cultivo de mangueira, ou mesmo a manutenção da vegetação espontânea sobre a superfície do solo, mostraram-se eficiente em aumentar o estoque de C total;

A mistura de planta com o predomínio de leguminosas (MP1) é um sistema promissor em aumentar os estoques de C do solo e, em suas frações, promover aumento do índice de manejo de C do solo na camada de 0-40 cm, em relação à condição inicial do experimento, independentemente do sistema de preparo do solo; e

O período de seis anos de implantação dos sistemas de manejo no agroecossistema da mangueira não foi suficiente para recuperar os estoques de carbono e em suas frações à condição do solo sob caatinga, embora já se observe uma tendência de elevação do índice de manejo de carbono nos desenhos de agroecossistemas como cultivo das misturas de planta na entrelinha sem a adoção de prática de revolvimento do solo ou incorporação dos resíduos vegetais, bem como naqueles em que se utiliza a MP1, independentemente do sistema de preparo do solo.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMAGRO, M.; MARTÍNEZ-MENA, M. Litter decomposition rates of green manure as affected by soil erosion, transport and deposition processes, and the implications for the soil carbon balance of a rainfed olive grove under a dry Mediterranean climate. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.196, p.167–177, 2014.
- ALMEIDA, D. D. O.; BAYER, C. ALMEIDA, C. FAUNA e atributos microbiológicos de um Argissolo sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1140-1147, 2016.
- ALVAREZ, R. A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon. **Soil Use Manage**, v. 21, p. 38-52, 2005.
- BAYER, C. MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.7, p. 677-683, 2004.
- BAYER, C.; GOMES, J.; ACCORDI, J.; COSTA, F.; VIEIRA, B.; CÁSSIA, M.; SIX, J. Soil nitrous oxide emissions as affected by long-term tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 146, p. 213–222, 2015.
- BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B. & LISLE, L. Soil carbono fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index, for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 46, p.1459-1466, 1995.
- BLANCO-CANQUI, H. Crop residue removal for bioenergy reduces soil carbon pools: how can we offset carbon losses? **Bioenergy Research**, v. 6, p. 358-371, 2013.
- BLANCO-CANQUI, H.; LAL, R. Mechanisms of Carbon Sequestration in Soil Aggregates. **Journal Critical Reviews in Plant Sciences**, p. 481-504, 2010.
- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 777-783, 1992.
- CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L. C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p.383-391, 1999.
- CODY, R. An Introduction to SAS University Edition. 2015. Disponível em: <[https://www.sas.com/pt\\_br/home.html](https://www.sas.com/pt_br/home.html)>. Acesso em: 20 de junho de 2016.
- COGO, F. D.; NANNETTI, D. C.; CARMO, D. L.; LACERDA, T. M.; NANNETTI, A. N. Carbono orgânico de um Latossolo Vermelho cultivado com cafeeiros em sistemas de manejo agroflorestal e convencional. **Revista Agrogeoambiental**, v. 4 n.2, p. 1–9, 2012.
- CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 777-788, 2005.

CONCEIÇÃO P. C; DIECKOW, J.; BAYER, C.; Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. **Soil and Tillage Research**, v. 129, p.40-47, 2013.

COSTA, B. H. Dinâmica do carbono em latossolo vermelho sob sistemas de preparo de solo e de culturas. 2006. 188 f. **Tese** (Doutorado). Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2006.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P. & KNABNER, I.K. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilization. **Plant Soil**, v. 268, p. 319-328, 2005.

DOORENBOS, J.; PRUITT, O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. 2.ed. Rome: FAO, 1977. 156p. FAO Irrigation and Drainage Paper, 24.

ELLERT, B. H.; JANZEN, H. H.; MCCONKEY B. G. Measuring and comparing soil carbon storage. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLET, R. F.; STEWART, B. A. (eds) *Assessment methods for soil carbon*. **Lewis imprint of the CRC Press**, p. 131–146. 2001.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2013, 353 p.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS (Rio de Janeiro, RJ). 1997. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 212p.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia, 2004. 24 p. (Embrapa Agrobiologia, Documentos,174).

GARCIA-FRANCO, N.; ALBALADEJO, J.; ALMAGRO, M.; MARTÍNEZ-MENA, M. Beneficial effects of reduced tillage and green manure on soil aggregation and stabilization of organic carbon in a Mediterranean agroecosystem, **Soil and Tillage Research**, v.153, p.66-75, 2015.

GIONGO, V.; CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. S. M., GAVA, C. T. Carbono no Sistema Solo-Planta no Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, p. 1233-1253, 2011.

GOMES, T. C. A.; SILVA, M. S. L.; SILVA, J. A. M; CARVALHO, N. C. S; SOARES, E. M. B. **Padrão de decomposição e liberação de nutrientes de adubos verdes em cultivos de uva e manga do Submédio São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 71).

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Oxidizable carbon fractions in Red Latosol under different management systems. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 242-250, 2013

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**: Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, 2006. p. 1-66.

LAL, R. Carbon sequestration in soil. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 15, p. 79-86, 2015.

LAL, R.; REICOSKY, D. C.; HANSON, J. D. Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. **Soil and Tillage Research**, v. 93, p. 1-12, 2007.

LEE, J.; HOPMANS, J.W.; ROLSTON, D.E.; BAER, S.G.; SIX, J. Determining soil carbon stock changes: simple bulk density corrections fail. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 134, p. 251-256, 2009.

LEHMANN, J.; KLEBER, M. The contentious nature of soil organic matter. **Nature**, v. 528, p. 60 -68, 2015.

MAZZONCINI, M.; SAPKOTA, T. B.; BÀRBERI, P.; ANTICHI, D.; RISALITI, R. Long-term effect of tillage, nitrogen fertilization and cover crops on soil organic carbon and total nitrogen content. **Soil and Tillage Research**, v. 114, p.165–174, 2011.

MONTANARO, G.; TUZIO, A. C.; XYLOGIANNIS, E.; KOLIMENAKIS, A.; DICHIO, B. Carbon budget in a Mediterranean peach orchard under different management practices. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 238, p. 104-113, 2017

PALM, C., BLANCO-CANQUIB, H., DECLERCK, F., GATEREA, L., GRACE, P. Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 187, p. 87–105, 2014.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubo verde em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 35-40, 2004.

POWLSON, D. S.; BHOGAL, A.; CHAMBERS, B. J.; COLEMAN, K.; MACDONALD, A. J.; GOULDING, K.W.T.; WHITMORE, W.T. The potential to increase soil carbon stocks through reduced tillage or organic material additions in England and Wales: a case study. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 146, p. 23-33, 2012.

PRASAD, J.V. N. S.; SRINIVASA RAO, C. H.; SRINIVAS, K.; NAGA JYOTHI, C.H.; VENKATESWARLU, B.; RAMACHANDRAPPA, B. K.; DHANAPAL, G. N.; RAVICHANDRA, K.; MISHRA, P. K. Effect of ten years of reduced tillage and recycling of organic matter on crop yields, soil organic carbon and its fractions in Alfisols of semi-arid tropics of southern India. **Soil and Tillage Research**, v. 156, p. 131-139, 2016.

PUGET, P., LAL, R. Soil organic carbon and nitrogen in a Mollisol in Central Ohio affected by tillage and land use. **Soil and Tillage Research**, v. 80, p. 201–213, 2005.

SÁ, J. C. M.; SÉGUY, L.; TIVET, F.; LAL, R.; BOUZINAC, S.; BORSZOWSKI, P. R.; BRIEDIS, C.; SANTOS, J. B.; HARTMAN, D. C.; BERTOLONI, C. G.; ROSA, J.; FRIEDRICH, T. Carbon depletion by plowing and its restoration by no-till cropping systems in oxisols of subtropical and tropical agro-ecoregions in Brazil. **Land Degradation and Development**, v. 26, p. 531-543, 2015.

SÁ, J. C. M.; TIVET, F.; LAL, R.; BRIEDIS, C.; HARTMAN, D. C.; SANTOS, J. Z.; SANTOS, J. B. Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 136, p. 38–50, 2014.

SANTOS, D. C.; FARIAS, M. O.; LIMA, C. L. R.; KUNDE, R. J. E.; PILLON, C. N.; FLORES, C. A. Fracionamento químico e físico da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Ciência Rural**, v.43, n.5, p. 838-844, 2013.

SANTOS, L. R.; SANTOS, L. P. A.; BAMBERG, J. V. M.; LIMA, A. M. N. CUNHA, J. C.; LESSA, T. B. S. **Carbono orgânico total, fração leve e pesada da matéria orgânica do solo sob cultivo de mangueira cv. Kent em Petrolina-PE**. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1829-1836, 2009.

STEVENSON, F. J. **Humus Chemistry: Genesis, Composition Reactions**, 2nd ed. John Wiley & Sons, New York, p. 496, 1994

VAN SAMBEEK, J. W.; GARRET, H. E. Ground cover management in walnut and other hardwood plantings. **Agroforestry and Nut Production**, p. 85-100, 2004.

VEZZANI, F.M. Qualidade do sistema solo na produção agrícola. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 184p. (**Tese de Doutorado**).

VICENTE-VICENTE, J. L.; GARCÍA-RUIZ, R.; FRANCAVIGLIA, R.; AGUILERA E.; SMITHD PETE. Soil carbon sequestration rates under Mediterranean woody crops using recommended management practices: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 235, 1, p.204-214, 2016.

XAVIER, F. A. S., MAIA, S. M. F., RIBEIRO, K. A., MENDONÇA, E. S., OLIVEIRA, T. S. 2013. Effect of cover plants on soil C and N dynamics in different soil management systems in dwarf cashew culture. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, v. 165, p. 73–183, 2013.

ZOTARELLI, L.; ZATORRE, N. P.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C.P.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, B. J. R. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. **Field Crops Research**, v.132, p. 185-195, 2012.